45

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1906

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 19 juillet 1906, à 1 heure

Par EMILE BAUDOIN

Né à Charleville (Ardennes), le 19 novembre 1874
Ancien interne en chirurgie des hôpitaux
et de la clinique des voies urinaires de la Faculté de médecine de Paris
Ancien moniteur de tubage et de trachéotomie de l'hôpital Trousseau
Lauréat de l'Assistance publique (concours de l'Internat).

ESSAI CRITIQUE

SUR LA

STÉRILISATION DU MATÉRIEL CHIRURGICAL

Président : M. BERGER, *professeur*.
Juges : MM. POZZI, *professeur*.
AUVRAY, RIEFFEL, *agrégés*.

PARIS
G. STEINHEIL, ÉDITEUR
2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1906

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen..... M. DEBOVE.
Professeurs ..... MM.

Anatomie	POIRIER.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	GARIEL.
Chimie organique et chimie minérale	GAUTIER.
Histoire naturelle médicale	R. BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales	BOUCHARD
Pathologie médicale	HUTINEL. BRISSAUD.
Pathologie chirurgicale	LANNELONGUE.
Anatomie pathologique	CORNIL.
Histologie	MATHIAS DUVAL
Opérations et appareils	SEGOND.
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET.
Thérapeutique	GILBERT.
Hygiène	CHANTEMESSE.
Médecine légale	BROUARDEL.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	DEJERINE.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
Clinique médicale	LANDOUZY. HAYEM. DIEULAFOY. DEBOVE.
Clinique des maladies des enfants	GRANCHER.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	JOFFROY.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER.
Clinique des maladies du système nerveux	RAYMOND.
Clinique chirurgicale	LE DENTU. RECLUS. TERRIER. BERGER.
Clinique ophtalmologique	DE LAPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires	GUYON.
Clinique d'accouchements	PINARD. BUDIN.
Clinique gynécologique	POZZI.
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON.
Clinique thérapeutique	ROBIN

Agrégés en exercice.

MM.	MM.	MM.	MM.
AUVRAY	DESGREZ.	POTOCKI.	LAUNOIS.
BALTHAZARD.	DUVAL.	LEGRY.	PROUST.
BRANCA.	DUPRÉ.	LEGUEU.	RÉNON.
BRINDEAU.	FAURE.	LEPAGE.	RICHAUD.
BEZANÇON.	GOSSET.	MACAIGNE.	RIEFFEL. *Chef des travaux anatomiques*
BROCA (ANDRÉ).	GOUGET.	MAILLARD.	TEISSIER.
CARNOT.	GUIART.	MARION.	THIROLOIX.
CLAUDE.	JEANSELME.	MAUCLAIRE.	VAQUEZ.
CUNEO.	LABBÉ.	MÉRY.	WALLICH.
DEMELIN.	LANGLOIS.	MORESTIN.	

Secrétaire de la Faculté : M. DESTOUCHES.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE

A qui je dois tout,

faible témoignage de ma reconnaissance et de mon affection.

A LA MÉMOIRE CHÉRIE DE MA MÈRE

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/sterilisationdem0000vari

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR BERGER

PROFESSEUR DE CLINIQUE CHIRURGICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
CHIRURGIEN DE L'HÔPITAL NECKER
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

avec l'hommage de mes respectueux remerciements.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX DE PARIS.

Stage. — 1895 : M. le Professeur agrégé WALTHER
1896 : M. le Professeur agrégé CHAUFFARD
1897 : M. le Professeur BERGER

Externat. — 1898 : M. le Professeur agrégé RIEFFEL.
1899 : M. le Dr DELPEUCH (*in memoriam*).
1900 : M. le Docteur THIBIERGE
1901 : M. le Professeur agrégé WALTHER

Internat provisoire. — 1902 : M. le Docteur ROCHARD.

Internat. — 1903 : M. le Professeur LANNELONGUE
M. le Docteur VILLEMIN
M. le Professeur agrégé LEGUEU.
1904 : M. le Docteur ROCHARD
M. le Docteur BOISSARD
M. le Professeur agrégé DEMELIN.
1905 : M. le Professeur GUYON
1906 : M. le Professeur agrégé J.-L. FAURE

AVANT-PROPOS

La stérilisation du matériel chirurgical est une condition primordiale de la pratique de toute bonne chirurgie. Mais la technique de cette stérilisation a, depuis ses débuts, subi de si nombreuses modifications qu'il est bien difficile, au premier abord, de s'y reconnaître et de distinguer ce qui est bon de ce qui est mauvais.

C'est cet embarras dans lequel nous nous trouvions qui nous a décidé, un beau jour (il y a de cela deux ans), à essayer de rechercher par nous-même les meilleurs procédés et à baser notre opinion sur des faits. Nous aurions gardé par devers nous les remarques que nous avions faites si plusieurs de nos camarades, témoins de nos recherches, ne nous avaient demandé de leur en communiquer les résultats en faisant de ce travail le sujet de notre thèse. Nous les avons écoutés d'autant plus volontiers que la question nous intéressait.

Nous ne nous faisons pas d'illusions sur la valeur de nos recherches : elles n'ont pour elles que la sincérité et le soin scrupuleux avec lesquels elles ont été conduites. Quelque incomplètes qu'elles soient, elles pourront, du moins, servir de documents à de nouveaux chercheurs. Si nous nous sommes trompé, qu'on nous le démontre, et nous reconnaîtrons aussitôt notre erreur.

Nous avons divisé notre thèse en deux parties. Dans la

première, nous étudions, *in vitro*, l'action microbicide des différents agents physiques ou chimiques susceptibles d'être utilisés commodément ; dans la seconde, nous cherchons à appliquer, aussi logiquement que possible, à la stérilisation du matériel chirurgical les données fournies par cette étude.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE, IN VITRO, DES DIFFÉRENTS AGENTS MICROBICIDES

CHAPITRE PREMIER

AGENTS CHIMIQUES. — ANTISEPTIQUES

Nous n'avons pas l'intention de traiter complètement cette question. Nous nous bornerons à rapporter ici quelques faits qui nous ont paru pouvoir intéresser les chirurgiens et qui ont rapport à la valeur microbicide des antiseptiques le plus fréquemment employés.

Tout d'abord, nous ferons remarquer qu'il est indispensable de distinguer, lorsqu'on étudie un antiseptique, son pouvoir antiseptique de son pouvoir bactéricide.

1° Le *pouvoir antiseptique* proprement dit, écrit Pottevin (1), est mesuré par la grandeur des doses capables de préserver les infusions organiques putrescibles de l'envahissement par les infiniment petits.

2° Le *pouvoir bactéricide* (le seul qui nous intéresse) est

(1) Pottevin, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1894, p. 798.

mesuré par le temps de contact nécessaire pour tuer les germes microbiens, ou, pour mieux dire, pour les empêcher de se développer quand ils sont portés dans un nouveau milieu non additionné d'antiseptique.

Les deux pouvoirs ne vont pas nécessairement de pair. C'est ainsi qu'au point de vue bactéricide l'hypochlorite de chaux à 1/100 est l'équivalent du sublimé acide à 1/100 : tous deux tuent, à la température ordinaire, les spores du bacillus subtilis en 15 minutes ; pourtant, pour empêcher la culture du bacillus subtilis dans le bouillon, il faut ajouter à celui-ci 1/300 d'hypochlorite, tandis que 1/10.000 de sublimé suffit à produire le même résultat.

Acide phénique. — Cet antiseptique paraît avoir, *in vitro*, un pouvoir bactéricide assez efficace sur les microorganismes non sporulés, et d'après Sternberg, en solution aqueuse à 1/125, il tuerait en 2 heures le staphylocoque doré. Rappelons toutefois qu'on peut isoler le bacille typhique et le bacterium coli en les cultivant sur un bouillon phéniqué à 1/100.

Pour les bacilles à spores il faut plus de temps. Koch a reconnu que les spores charbonneuses étaient respectées par la solution à 1/100 et n'étaient tuées qu'en 48 heures par la solution à 2/100. Toutefois, Esmarch (1) aurait vu ces spores se reproduire après 42 jours de séjour dans une solution phéniquée à 5/100.

D'après Nocht (2), la chaleur augmenterait notablement le pouvoir bactéricide de l'acide phénique et la solution à

(1) Esmarch, *Zeitschrift für Hygiene*, 1889.
(2) Nocht, *Zeitschrift für Hygiene*, 1890.

5/100 portée à 37°5, tuerait en 3 heures les spores charbonneuses.

Les solutions alcooliques d'acide phénique paraissent beaucoup moins actives que les solutions aqueuses (question de pénétration ?). D'après Miquel (1), une solution alcoolique à 5/100 n'arriverait pas à détruire en deux jours les spores du bacillus subtilis.

Ce même auteur affirme que les solutions aqueuses à 5/100, en usage dans les hôpitaux, ne sont pas privées de germes d'êtres vivants. De même Redard, ensemençant, dans 8 ballons contenant du bouillon stérile, une goutte de solution phéniquée aqueuse à 5/100 préparée depuis 12 heures, vit 6 de ces ballons se troubler rapidement.

Sublimé corrosif. — Ce corps passe pour le plus puissant des antiseptiques employés en chirurgie.

Tarnier et Vignal (2) affirment que le streptocoque pyogène périt en deux minutes dans la solution à 1/1000.

Dans cette même solution, le staphylocoque doré serait tué en 15' d'après Viquerat (3) ; en 2 h. 1/2 à 5 heures seulement, d'après Borkhoff (4).

Toujours dans la solution à 1/1000, les spores charbonneuses seraient détruites en quelques minutes d'après Davaine (5) ; en 9 à 10 heures, d'après Borkhoff.

Ces différences dans les résultats des expérimentateurs paraissent pouvoir être expliquées par les recherches de

(1) Miquel, *Annales de Micrographie*, 1881.
(2) Tarnier et Vignal, *Arch. de méd. exp.*, 1890.
(3) Viquerat, *Ann. de Micr.*, 1889.
(4) Borkhoff, Thèse de Saint-Pétersbourg, 1897.
(5) Davaine, *Gazette médicale*, 1874.

Geppert (1) confirmées par celles de Chavigny (2). D'après ces auteurs, il n'y aurait pas, dans certains cas, de mort réelle des microbes qui ont subi l'action du sublimé, mais un simple obstacle à leur développement causé par la présence d'une petite quantité d'antiseptique fixé à leur surface. Si, en effet, on lave ces microbes avec du sulfhydrate d'ammoniaque qui enlève toute trace de sublimé, on les voit aussitôt se multiplier, alors qu'un lavage, quelque abondant qu'il soit, avec du bouillon stérile, ne produit pas le même résultat. Toutefois, cette expérience ne réussit que lorsque le contact avec l'antiseptique n'a pas été très prolongé : s'il a duré plusieurs heures, c'est une mort réelle que l'on observe.

Ajoutons que Laplace (3) a montré que le pouvoir bactéricide du sublimé était augmenté par l'addition à la solution aqueuse d'un peu d'acide tartrique.

Permanganate de potasse. — D'après les expériences de Tarnier (4), cet antiseptique à la dose de 1/2000 tuerait le streptocoque et le staphylocoque en 30 minutes, le vibrion septique en 35 minutes.

D'après Koch, il mettrait 24 heures, à la dose de 5/100 pour tuer les spores charbonneuses.

Aldéhyde formique. — Cet antiseptique peut être employé de deux façons : en solution aqueuse ou à l'état de vapeurs.

(1) Geppert, *Berlin. klin. Wochenschrift.*
(2) Chavigny, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1890.
(3) Laplace, *ibid.*, 1887.
(4) Tarnier, *L'antisepsie en obstétrique.* Paris, G. Steinheil, 1894.

En solution aqueuse, il a donné à Pottevin (1), dans des expériences très précises, les résultats suivants :

A la dose de 2/1000 il tue en 15 minutes, à la température de 20°, le bacille pyocyanique et le staphylocoque doré ;

A 42/100 et à la température de 15° il a tué des spores desséchées de subtilis en 6 heures ; des spores charbonneuses desséchées en une heure ;

A 42/100 et à la température de 35° il a tué des spores charbonneuses desséchées en 15 minutes ;

A 42/100 et à la température de 52° il a tué ces mêmes spores en 5 minutes.

A l'état de vapeurs, les résultats ont varié suivant que cette vapeur était émise par une solution aqueuse ou par du trioxyméthylène.

Avec la solution aqueuse à 42/100 et à la température de 15°, les spores de subtilis, préalablement desséchées, étaient tuées en 44 heures ; avec cette même solution, mais à la température de 35° les spores de subtilis étaient tuées en 2 heures ; à 52°, elles étaient tuées en une heure.

Avec le trioxyméthylène, à la température de 35°, les spores desséchées de subtilis n'étaient pas tuées en 3 jours, tandis que les spores charbonneuses l'étaient en 48 heures ; — mais à 52° les spores desséchées de subtilis étaient tuées en 2 jours. Si l'on agit sur des spores de subtilis humides, les résultats s'améliorent et, à 35°, les vapeurs de trioxyméthylène tuent ces spores humides en 24 heures.

Des expériences de Pottevin nous pouvons conclure que le pouvoir bactéricide de l'aldéhyde formique est notablement accru par :

(1) Pottevin, *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1894.

1° Le chauffage;
2° L'hydratation.

Eau oxygénée. — Pour Schilow (1) l'eau oxygénée à 1 0/0 détruit en quelques minutes la plupart des bactéries peu résistantes, entre autres le staphylocoque doré.

Les spores charbonneuses résistent quelques heures à cette solution à 1/100, mais périssent en moins d'une heure dans une solution à 2/100.

Iode. — Podgorny (2) affirme que l'iode en solution à 1/900 tue en 5 à 30 minutes le bacille du charbon.

Freudenreich a constaté que les vapeurs d'iode tuaient en moins de 48 heures à la température de 30 à 35° les cultures de charbon.

Personnellement, nous avons vu des crins de Florence trempés dans une culture de staphylocoque doré, puis desséchés, donner encore des cultures sur bouillon après une immersion de cinq minutes dans de la teinture d'iode.

Alcool. — Les différents auteurs s'accordent pour reconnaître à l'alcool un pouvoir bactéricide faible et incertain. Nous avons nous-même répété plusieurs fois, et toujours avec des résultats identiques, l'expérience suivante : dans un petit flacon d'alcool à 90° nous jetons un voile de subtilis désséché et finement pulvérisé ; trois jours après, avec une pipette stérilisée, nous versons quelques gouttes de cet alcool, agité au préalable, dans un tube de bouillon stérile ;

(1) Schilow, *St-Petersb. med. Woch.*, 1894.
(2) Podgorny, Thèse de St-Pétersbourg, 1897.

en 24 heures, ce bouillon se couvre d'un magnifique voile.

Ether. — L'expérience précédente, faite avec de l'éther au lieu d'alcool, a eu entre nos mains le même résultat.

Chloroforme. — De même avec le chloroforme. D'ailleurs, nous n'avons jamais pu stériliser par un séjour de 48 heures dans le chloroforme, des morceaux de gaze imprégnés de culture de subtilis et séchés. Cela ne doit nullement nous étonner, car nous verrons plus tard que le subtilis résiste parfaitement à un séjour d'une heure, dans le chloroforme porté à 120°.

En résumé, nous voyons que si certains des antiseptiques que nous venons d'étudier ont un pouvoir bactéricide indiscutable, celui-ci ne se manifeste la plupart du temps que lentement et avec des doses assez fortes.

D'autre part, il est démontré qu'un antiseptique donné n'agit pas également sur tous les microbes : il pourra tuer rapidement certaines espèces bactériennes et rester complètement inefficace vis-à-vis d'autres espèces ; de là une grande incertitude dans l'efficacité de son action.

Enfin, Kossiakoff (1) a montré que les organismes inférieurs, soumis à l'action d'un antiseptique à doses graduellement croissantes, acquièrent la faculté de vivre et de se développer dans des solutions de ces antiseptiques qui, agissant surdes organismes non acclimatés, en empêchent le développement. Or, pouvons-nous affirmer que ce n'est

(1) Kossiakof, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1887.

pas là le cas de certaines bactéries des milieux hospitaliers ? Les expériences de Miquel, sur les solutions phéniquées des hôpitaux, semblent nous montrer qu'une telle affirmation serait tout au moins hasardée.

Nous concluons donc qu'il ne faut employer les antiseptiques comme agents stérilisants que lorsque, pour une raison quelconque, on ne peut se servir d'autres agents à action plus sûre et plus rapide.

CHAPITRE II

AGENTS PHYSIQUES. — CHALEUR

Après avoir vu l'action plus ou moins efficace des agents chimiques sur les différents microbes sporulés ou non, il nous faut étudier l'action des agents physiques sur ces mêmes microbes.

Ces agents physiques sont nombreux mais ne sont pas tous applicables à la stérilisation chirurgicale, en raison du peu de résultats qu'ils donnent au point de vue microbicide ou de l'inconstance et de la variabilité de ces résultats.

C'est ainsi que la *lumière* et l'*électricité* ne paraissent avoir, dans l'état actuel de la science, qu'un pouvoir bactéricide trop peu efficace pour nous intéresser au point de vue où nous nous plaçons.

De la *pression* et de la *dessiccation* nous retiendrons seulement qu'elles semblent n'avoir sur la vie des microbes qu'une influence à peu près nulle.

Notre rôle, dans le chapitre qui va suivre, se bornera donc à étudier *in vitro* l'action de la *température* sur les manifestations de la vie microbienne et à essayer d'en tirer des indications applicables à la stérilisation du matériel chirurgical.

Les différentes espèces microbiennes, ensemencées sur

des milieux favorables à leur développement, ne poussent pas également à toutes les températures. Il existe, pour chaque espèce : 1° une température au-dessous de laquelle toute multiplication végétative s'arrête : c'est la température minima de pousse ; 2° une température au-dessus de laquelle toute multiplication s'arrête : c'est la température maxima de pousse ; 3° une température, enfin, à laquelle cette multiplication se produit avec son maximum de rapidité ; c'est la température optima.

Ces différentes températures (minima, maxima, optima) changent, non seulement avec les espèces, mais encore avec les variétés et même avec la vitalité plus ou moins grande de ces variétés au moment de l'ensemencement. Aussi, les indications données à ce sujet par les divers auteurs n'ont-elles qu'une valeur relative.

Au-dessous de la température minima et au-dessus de la température maxima, les bactéries cessent de pousser mais elles ne sont pas mortes pour cela, et si (la variation de température en-deçà ou au delà des deux points limites n'ayant pas été trop considérable) on reporte ces bactéries à un degré voisin de leur température optima, on les voit bientôt pousser à nouveau.

Ce qu'il importe de connaître, au point de vue de la stérilisation, ce n'est donc pas les températures minima et maxima de pousse, mais celles au-dessous et au-dessus desquelles les microbes cessent de vivre et sont incapables de reproduction. Et comme ces températures varient avec les espèces et les individus, il nous sera nécessaire et il nous suffira, pratiquement, de connaître celles au-dessous et au-dessus desquelles on n'a vu, jusqu'ici, aucun microbe

rester susceptible de prolifération nouvelle, même une fois remis dans ses conditions optimæ de développement. C'est ce que nous allons essayer de déterminer.

Voyons d'abord s'il est possible de supprimer toute vitalité microbienne par la seule action du froid :

Gibier (1) laisse des cultures de bacillus anthracis et de bacillus septicus pendant 5 heures à — 45° ; puis il repique ces cultures et constate qu'elles n'ont rien perdu ni de leur vitalité, ni de leur virulence.

Pictet et Yung (2) soumettent pendant 20 heures à une température de — 130° une culture de bacillus anthracis ne renfermant que des spores et une culture de bacillus subtilis : elles conservent toutes deux leur vitalité et le bacillus anthracis reste aussi virulent qu'avant la réfrigation. Toutefois Pictet (1) constate qu'à — 200° ces bacilles ont perdu leur virulence.

D'Arsonval et Charrin (4) voient le bacille pyocyanique résister à — 270°, mais en se modifiant dans sa forme et dans certains caractères de culture.

La question en est là. Nous pouvons néanmoins conclure de ces différentes expériences qu'un froid de — 270° est insuffisant pour obtenir à coup sûr la destruction de toute vitalité microbienne.

(1) Gibier, in Duclaux, *Chimie biologique*, p. 822.

(2) Pictet et Yung, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1884, p. 747.

(3) Pictet, *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, 1893.

(4) D'Arsonval et Charrin, *Archives de physiologie*, 1894, p. 335.

Chaleur.

L'action de la chaleur seule sur les micro-organimes est difficile à déterminer, car à l'agent-chaleur, viennent se joindre dans l'immense majorité des expériences, d'autres agents physiques ou chimiques qui peuvent également, dans certaines conditions, jouer un rôle microbicide plus ou moins accentué. C'est ainsi que nous verrons la chaleur humide et la chaleur sèche donner au point de vue de la stérilisation, des résultats bien différents pour une même température et nous retrouvons ces mêmes différences entre l'action de la chaleur humide en milieu hydrique et celle de la chaleur humide en milieu anhydre.

Aussi la chaleur sèche nous semble-t-elle devoir être prise comme type d'étude. Ici encore, nous voyons bien intervenir un agent étranger, la dessiccation ; mais il est démontré que, pour être réellement active, cette dessiccation doit être absolue, chose très difficile à obtenir dans les conditions courantes d'expérience, et, somme toute, cette cause d'erreur nous paraît la moins redoutable de toutes celles auxquelles nous sommes exposés.

A. — Chaleur sèche.

Suivons la même méthode que précédemment et, tout de suite, voyons les faits.

Koch (1) porte des spores de bacillus anthracis et de bacillus subtilis à 123° dans l'air sec ; puis il les repique dans un bouillon de culture et les voit se développer.

(1) Cohn's *Beitr. zur Biol. der Pflanzen.*

Miquel (1) recueille des germes de l'atmosphère et les chauffe à 145° également dans l'air sec ; après ensemencement, ces germes poussent encore. Mais en les portant à 150°, le même auteur dit avoir toujours obtenu une stérilisation absolue.

Morax et Marie (2), expérimentant d'une façon très précise l'action de la chaleur sèche sur les spores du bacille tétanique et du bacillus subtilis, arrivent aux résultats suivants :

I. — 158° pendant 15 minutes :	Cultures	b. tétanique b. subtilis	*ne poussent pas.*
	Inoculations = ne donnent *rien.*		
II. — 158° pendant 10 minutes : Culture = b. subtilis pousse			
III. — 155° pendant 20 minutes :	Cultures	b. tétanique = *ne pousse pas.* b. subtilis = pousse.	
	Inoculations = *rien.*		
IV. — 152° pendant 20 minutes :	Cultures	b. tétanique = *ne pousse pas.* b. subtilis = pousse.	
	Inoculations = *rien.*		
V. — 147° pendant 3 heures :	Cultures	b. tétanique b. subtilis	*ne poussent pas.*
	Inoculations = *rien.*		
VI. — 140° pendant 3 heures :	Cultures	b. tétanique b. subtilis	*ne poussent pas.*
VII. — 140° pendant 1 heure :	Cultures	b. tétanique b. subtilis	*ne poussent pas.*
VIII. — 120° pendant 3 heures	Cultures	b. tétanique b. subtilis	poussent.
	Inoculations = *rien.*		

Parmi les expériences de Morax, l'une attirait surtout

(1) Miquel, Thèse Paris, 1882.
(2) Morax et Marie, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1902, p. 418.

notre attention pour les conséquences pratiques qui pouvaient en découler au point de vue de la stérilisation chirurgicale : c'est celle qui montre la possibilité de détruire les spores du subtilis, les plus résistantes de toutes, par un chauffage à sec de une heure à 140°.

Aussi avons-nous repris plusieurs fois cette expérience en nous servant de la même technique que Morax et en opérant sur des spores de subtilis provenant de la collection de l'Institut Pasteur et desséchées lentement à l'étuve à 37°. Or jamais nous n'avons pu tuer ces spores par un chauffage à sec d'une heure à 140° ; par contre, nous n'avons jamais pu les faire repousser après un chauffage à sec d'une heure 1/2 à 140°.

A quoi tiennent ces différences entre nos résultats et ceux de Morax ? Probablement à des questions de races ou de vitalité du microbe en expérience, notre subtilis pouvant être devenu très résistant à la suite d'épreuves et de repiquages continuels pendant 7 mois.

De même, nous avons détruit, par la chaleur sèche à 140° agissant pendant 1 h. 1/2, du bacille charbonneux avec spores, vivace et virulent comme le montraient des cultures témoins et des inoculations au cobaye. Nous avons tenu à faire cette expérience avec toute la précision possible, étonné que nous étions des résultats de Schimmelbusch (1) qui déclare nécessaire une température de 150 à 180° pendant deux heures pour tuer les spores charbonneuses.

Que devons-nous conclure de l'étude de ces différents faits ?

(1) Schimmelsbusch, *L'asepsie en chirurgie*.

D'abord, qu'il est possible de détruire les spores les plus résistantes par l'action de la seule chaleur sèche.

Ensuite, qu'à côté de la question de degrés, il y a la question non moins importante de durée de chauffage et que si une température sèche de 140° prolongée pendant 1 h. 1/2 semble détruire à coup sûr les spores si résistantes du bacillus subtilis, ce n'est là qu'une des multiples et efficaces formules que l'on peut créer sous le contrôle de l'expérience, par une combinaison judicieuse des facteurs : température et durée de chauffe. Il est inutile, en effet, de chercher le degré de chaleur immédiatement fatal à chaque espèce microbienne, et il ne nous importe pas plus d'apprendre que tel microbe est tué en une seconde à 200° que de savoir qu'il meurt en 10 minutes à 160°, en 1 h. 1/2 à 140° ou en 10 heures à 120°.

Chauffage discontinu dans l'air sec à basse température.— Dans toutes les expériences précédentes, le chauffage des spores a eu lieu d'une façon continue. Il nous a semblé intéressant de savoir si un chauffage discontinu aurait, avec une température moins élevée, la même efficacité.

Pour cela, nous avons expérimenté avec des voiles de subtilis lentement desséchés à 37°, puis chauffés à sec à 60° à raison de 10 heures par jour. A la fin du sixième jour, c'est-à-dire après 60 heures de chauffage discontinu à sec et à 60°, les voiles, ensemencés dans des tubes de bouillon, poussaient abondamment en 24 heures.

D'ailleurs, ce mode de stérilisation ne pouvait, *a priori*, s'appliquer à tous les microorganismes, puisque l'on connaît maintenant certaines bactéries dites thermophyles qui pos-

sèdent leur optimum de végétabilité aux environs de 75° [Van Thieghem (1), Miquel (2), Globig (3), Rabinovitch (4), Russell et Hastings (5), Tsiklinsky (6)].

B. — Chaleur humide.

Nous allons, maintenant, chercher à savoir quelle est, *in vitro*, l'action stérilisante de la chaleur humide, c'est-à-dire, suivant la définition de Larousse, de la chaleur agissant dans un milieu chargé de liquide ou de vapeur. Pour plus de commodité, nous étudierons séparément la chaleur humide hydrique et la chaleur humide anhydre, et, si cette division peut, au premier abord, paraître arbitraire, nous verrons bientôt qu'elle est amplement justifiée par les faits.

1° **Chaleur humide hydrique**. — Ici aussi, il nous va falloir sérier notre étude et considérer séparément :

1° La chaleur humide hydrique en milieu liquide ;

2° La chaleur humide hydrique en milieu de vapeur.

A. Milieu liquide. — α) *Eau bouillante*. — La façon la plus simple d'agir sur les microorganismes par la chaleur humide hydrique, c'est de les soumettre à l'action de l'eau en ébullition. Quelle est l'efficacité de cette ébullition ?

Si l'on place dans de l'eau bouillante des staphylocoques et des streptocoques, on voit qu'ils sont détruits en un temps qui varie entre 5 et 10 minutes.

(1) Van Thieghem, *Bull. de la Soc. botan.*, 1881.
(2) Miquel, *Annales de micr.*, 1888.
(3) Globig, *Zeitschrift für Hygiene*, 1888.
(4) Rabinovitch, *Ibid.*, 1895.
(5) Russell et Hastings, *Centralblatt für Bakt.*, 1902.
(6) Tsiklinsky, *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1903.

Vaillard et Vincent, cités par Macé (1), traitent par l'ébullition du bacille du tétanos avec spores et provoquent sa mort en dix minutes.

Roux (2) tue, par le même procédé, du bacille charbonneux en moins de 5 minutes.

Chauveau, dans des conditions identiques, détruit, en 10 minutes, la même bacille avec spores.

Par contre, Brefeld et Perroncito mettent deux heures pour tuer des spores charbonneuses avec l'eau bouillante.

C'est qu'il semble très probable que la résistance, à l'ébullition, des microbes et particulièrement des microbes sporulés varie beaucoup suivant qu'ils ont été ou non desséchés avant l'expérience.

En effet, Arloing, Cornevin et Thomas (3), étudiant l'action de l'eau bouillante sur le bacille du charbon symptomatique, voient celui-ci périr en 2 minutes lorsqu'il a été pris à l'état humide et en 2 heures lorsqu'il a été desséché avant l'expérience.

De même, tandis que du virus frais de vibrion septique est tué après 10 minutes (Roux), ou après 15 minutes (Courboulès) d'ébullition, le même virus préalablement desséché résiste beaucoup plus longtemps à ce même agent stérilisant (Courboulès) (4).

Mais certains bacilles à spores offrent, vis-à-vis de l'eau bouillante, une résistance bien plus grande encore que les précédents.

(1) Macé, *Traité de bactériologie.*

(2) Roux, *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1887, p. 372.

(3) Arloing, Cornevin et Thomas, *Comptes-rendus de l'Acad. des sciences*, 1882, p. 189.

(4) Thèse Lyon, 1883.

C'est ainsi que Brefeld (1), dans son étude sur le bacillus subtilis, voit les spores de ce bacille repousser après une heure d'ébullition et n'être définitivement tuées qu'après 3 heures.

Globig (2) montre que le bacille de la pomme de terre peut encore se multiplier après 4 heures de ce traitement.

Enfin Miquel et Lathraye (3) sont obligés de faire bouillir du subtilis pendant 5 heures avant de le détruire.

De l'étude de ces différents faits, nous pouvons conclure que l'ébullition dans l'eau simple, telle qu'elle est employée généralement, c'est-à-dire pendant une durée excédant rarement une heure, ne peut pas, suivant le mot de Pasteur rapporté par Terrier, donner une sécurité absolue. Et ceci était, somme toute, facile à prévoir, si l'on se rappelle que, dans les laboratoires de bactériologie, on se procure le bacillus subtilis de la façon suivante : on fait bouillir pendant une demi-heure une macération de foin neutralisée d'avance et on ensemence : le bacille qui pousse est du subtilis... à moins que ce ne soit du bacille de la pomme de terre, son émule en vitalité.

β) *Solutions aqueuses.* — Cette impuissance relative de l'eau bouillante comme agent stérilisant a conduit nombre d'auteurs à essayer de perfectionner la méthode en ajoutant à l'eau différents sels solubles qui agissent en élevant le point d'ébullition de ce liquide et, probablement aussi, en modifiant les parois des spores.

(1) Brefeld, *Untersuch. uber Bacillus subtilis*, 1878.
(2) Globig, *Zeitschrift für Hygiene*, 1888.
(3) Miquel et Lathraye, *Ann. de micr.*, 1875.

C'est ainsi que Fritsch (1) a proposé la solution aqueuse de *sel marin* à 6/1000, c'est-à-dire, à peu de chose près, le sérum physiologique. Cette solution bout à 101°. Tavel (2) de Berne a constaté qu'elle tue en 5 minutes des spores qui résistent à 2 heures d'ébullition dans l'eau ordinaire. Pour notre part, nous n'avons pas pu détruire, avec 30 minutes d'ébullition dans ce liquide, des spores desséchées de subtilis.

On emploie encore, comme agent stérilisant, la solution aqueuse de *borate de soude* à 2/100. Dans les essais que nous avons faits, nous avons vu les spores de subtilis résister à 10 minutes d'ébullition dans ce liquide mais succomber après 20 minutes.

Bergmann (3) préconise la solution aqueuse de *carbonate de soude* à 2/100, bouillant à 104°6. Behring (4) constate qu'avec ce liquide porté à l'ébullition les bactéries de la suppuration succombent parfois en quelques secondes, toujours en 5 minutes. Nous-même l'avons constamment vu détruire en 10 minutes les spores résistantes du subtilis ; et ce n'était pas des traces de carbonate de soude qui rendaient le bouillon incultivable, car si l'on ensemençait les tubes où le subtilis bouilli n'avait pas poussé, avec la culture-mère de ce microbe, on voyait un superbe voile se développer en 16 heures à l'étuve à 38°.

La *lessive de soude* est aussi efficace que le carbonate de

(1) Fritsch, *Deutsche medicinische Wochenschrift*, 1890, p. 397.
(2) Tavel, *Ann. de micr.*, 1890, p. 545.
(3) Bergmann, *X^e Congrès international des sciences médicales*, Berlin, 1890.
(4) Behring, In Schimmelbusch, *loc. cit.*

soude. Déjà Behring (1) avait constaté que la lessive des ménagères, portée simplement à 85° tuait en 10 minutes les spores du charbon et qu'elle les détruisait en cinq minutes si elle était portée à l'ébullition. Nous nous sommes servi, pour nos essais, d'une solution aqueuse de lessive de soude à 2/100, proportion qui donne, nous nous en sommes assuré, un degré d'alcalinité sensiblement égal à celui de la solution de carbonate de soude à 2/100. Les résultats ont été les mêmes qu'avec ce dernier liquide ; destruction des spores de subtilis en 10 minutes d'ébullition. Le repiquage de la culture-mère dans le bouillon d'expérience montrait, par la pousse rapide d'un voile, que le milieu n'était pas rendu incultivable par des traces de lessive de soude.

Nous pouvons déduire de ces différentes expériences :

1° Le peu d'efficacité de la solution de sel marin à 6/1000 ;

2° L'efficacité moyenne de la solution de borate de soude à 2/100 ;

3° La grande efficacité des solutions de carbonate et de lessive de soude à 2/100.

γ) *Eau surchauffée sous pression.* — L'eau surchauffée sous pression possède une action microbicide très grande. Nous avons fait 6 séries d'expériences avec les échantillons de subtilis les plus divers et les plus difficiles à détruire, particulièrement avec une des races les plus résistantes que possède l'Institut Pasteur. Jamais nous n'avons vu les spores de subtilis résister à un séjour de 15 minutes dans l'eau distillée portée à l'autoclave à 115° ; et les tubes de

(1) Behring, *Ibid.*

bouillon en expérience, repiqués avec la culture-mère, poussaient abondamment en un temps qui variait de 16 à 38 heures suivant la race de subtilis essayée.

δ) *Tyndallisation dans l'eau distillée.* — Nous avons voulu nous rendre compte de la valeur microbicide des chauffages discontinus à température modérée et dans l'eau distillée. Pour cela, nous avons fait macérer, dans des cultures de subtilis sur bouillon, 10 petits morceaux de mousseline servant à fabriquer les compresses chirurgicales ; au bout de 48 heures, nous avons desséché lentement à l'étuve à 38° ces morceaux de mousseline infectée puis nous les avons déposés avec de l'eau distillée dans dix tubes à essai que nous avons ensuite scellés à la lampe. Ces tubes furent placés dans une petite étuve à paraffine, réglée à 60°, durant 10 heures par jour. Chaque jour nous ouvrions un tube et nous ensemencions sur bouillon le petit morceau de mousseline qu'il contenait. Tous les tubes poussèrent, sans exception, et le dixième et dernier qui avait supporté, en dix fois, 100 heures de chauffage à 60°, donnait, en 24 heures, un voile épais de subtilis.

Nous voyons donc que les chauffages discontinus dans l'eau distillée ne semblent pas avoir plus d'action que les mêmes chauffages pratiqués à sec : dans des conditions semblables, ils ne nous ont ni les uns ni les autres donné aucun résultat.

D'ailleurs, les chauffages discontinus dans l'eau ne pouvaient pas, *a priori*, agir sur les bacilles thermophyles qui poussent, sur bouillon, à des températures supérieures à 60°.

A côté de la valeur microbicide de la chaleur agissant dans l'eau, pure ou contenant des sels en dissolution, nous devons étudier celle de la chaleur agissant dans des liquides qui, eux, contiennent de l'eau en dissolution : nous voulons perler de l'alcool à 90° et de la glycérine du commerce.

ε) *Alcool à 90° surchauffé sous pression.* — Nous avons placé dans des tubes à essai de petits morceaux de gaze à compresses, infectés de subtilis et desséchés. Dans ces tubes, nous avons versé de l'alcool à 90° de façon à recouvrir largement les morceaux de compresses ; nous avons ensuite scellé les tubes et nous les avons placés dans un autoclave à eau où nous les avons soumis, pendant une heure, à une température de 120°. Puis, les tubes ouverts, nous avons ensemencé la gaze dans du bouillon : jamais, dans ces conditions, nous n'avons obtenu de cultures, tandis que les témoins poussaient abondamment. Le repiquage de la culture-mère, dans le bouillon ayant servi à l'expérience, donnait rapidement un voile de subtilis ; le milieu de culture n'était donc pas rendu incultivable par des traces d'alcool.

ζ) *Tyndallisation dans l'alcool à 90°.* — Des tubes scellés, préparés comme ci-dessus (c'est-à-dire contenant de la gaze infectée de subtilis et desséchée, baignant dans de l'alcool à 90°) ont été placés dans une étuve à paraffine réglée à 60°, 10 heures par jour, pendant plusieurs jours. Dès le troisième jour, c'est-à-dire après 30 heures de chauffage en 3 fois, les morceaux de gaze en expérience, ensemencés sur bouillon, ne donnaient pas de culture. Par contre, les témoins poussaient ainsi que le repiquage de la culture-mère

dans le bouillon ensemencé vainement avec les morceaux de gaze.

Quel a été, dans cette expérience, l'agent stérilisant ? Il nous semble difficile de préciser. Nous avons vu, en effet, que, dans des circonstances identiques, la chaleur seule avait été inefficace. De même, la chaleur agissant dans l'eau distillée. D'autre part, nous avons vu également que l'alcool à 90° agissant pendant 3 jours consécutifs sur un voile de subtilis pulvérisé, n'avait pas empêché ce dernier de repousser. Voilà donc différents agents qui, séparément, n'ont donné aucun résultat et qui au contraire, associés, en donnent de très nets ! De ces faits nous ne pouvons tirer qu'une conclusion légitime, c'est que la tyndallisation dans l'alcool à 90°, à la température de 60° agissant 10 heures par jour, détruit en 3 jours les spores desséchées du subtilis.

n) *Glycérine.* — Certains auteurs ont recommandé, comme agent microbicide, la glycérine chauffée, à l'air libre, à 120°. Or, pratiquement, on emploie dans ce but la glycérine du commerce à 27° ou 28° Baumé, qui contient une notable proportion d'eau. Si, par exception, on se sert de glycérine *anhydre*, celle-ci, très avide d'eau et chauffée à l'air libre, ne tarde pas à s'hydrater ; et c'est heureux, car elle y gagne en efficacité, devenant alors comparable à une solution aqueuse bouillant à haute température.

En fait, la glycérine, à l'air libre, à 120° détruit en 10 minutes les spores desséchées du subtilis : et c'est là le principal.

B. Milieu de vapeurs. — α) *Vapeur d'eau fluente à 100°.* — Christen (1), dans le laboratoire de Tavel de Berne, expérimentant sur des spores trouvées dans la terre, les vit résister à la vapeur d'eau fluente à 100° pendant plus de 16 heures. Par le même procédé, Globig ne put tuer des spores desséchées qu'en 5 ou 6 heures.

Quant à nous, cette méthode de stérilisation ne nous a pas semblé avoir plus d'action que l'ébullition dans l'eau simple, car des voiles de subtilis desséchés placés pendant une demi-heure dans de la vapeur d'eau fluente à 100°, ont poussé ensuite sans aucun retard.

β) *Vapeur d'eau surchauffée.* — On désigne sous ce nom la vapeur d'eau chauffée en l'absence de son liquide générateur. Au point de vue de la stérilisation, plus la température de la vapeur surchauffée s'éloigne de sa température de saturation, plus cette vapeur perd ses caractères et ses avantages de vapeur hydrique pour présenter les caractères et les inconvénients des vapeurs anhydres et de l'air sec. Esmarch a vu des spores charbonneuses être tuées en 5 minutes par la vapeur saturée à 100°, alors qu'elles résistaient à 30 minutes de vapeur surchauffée à 110° et à 20 minutes de vapeur surchauffée à 120°. Rubner (2) trouva que des spores du charbon restaient vivantes 2 fois plus longtemps dans la vapeur surchauffée à 110°, 3 fois plus longtemps dans la vapeur surchauffée à 120° et 10 fois plus longtemps dans la

(1) Christen, *Untersuch. uber die Dauer des Sterilisationsprocesses in gesannten Dampfe*, 1895.

(2) Rubner, cité par Skirving, in *Scottish Medical and Surgical Journal*, décembre 1904.

vapeur surchauffée à 127°, que dans la vapeur saturée à 100°.

7) *Vapeur d'eau saturée sous pression.* — Le pouvoir stérilisant de la vapeur d'eau saturée et chauffée sous pression est depuis longtemps connu et appliqué dans les laboratoires, et les bactériologistes admettent comme largement suffisante, pour détruire les spores les plus résistantes, l'action de cette vapeur portée de 115 à 120° pendant 30 minutes.

Certains auteurs (1) ayant récemment mis en doute la constance de cette action sporicide de la vapeur d'eau chauffée sous pression, nous avons essayé de la prendre, nous aussi, en défaut. Nous nous sommes servi pour cela de petits morceaux de gaze infectés de subtilis ou de bacille de charbon sporulés, puis desséchés lentement et longuement à l'étuve à 38°. Nous avons soumis ces morceaux de gaze à l'action de la vapeur d'eau portée à 115° pendant 15 minutes. Dans aucune des 10 expériences que nous avons faites (dans les mêmes conditions de durée et de température mais avec des microbes d'origines différentes) nous n'avons pu, après ensemencement de la gaze sur bouillon, obtenir de traces de culture, même après un séjour de un mois à l'étuve. Par contre, les tubes témoins, ensemencés de la gaze infectée et séchée mais non soumise à la vapeur d'eau sous pression, poussaient en 16 à 24 heures. Le bouillon en expérience, repiqué avec la culture-mère, poussait également bien.

8) *Vapeur d'alcool à 90°.* — Ici encore, nous sommes

(1) Longuet, *Progrès médical*, 1905.

obligé de placer, à côté de la stérilisation par la vapeur d'eau sous pression, la stérilisation par les vapeurs d'alcool à 90° sous pression, puisque ces vapeurs sont, en partie, hydriques.

Cette méthode nous a, elle aussi, donné d'excellents résultats. De la gaze infectée de subtilis ou de bacilles du charbon avec spores, puis soigneusement desséchée, était placée dans un tube à essai au-dessus de quelques centimètres cubes d'alcool à 90° occupant le fond du tube. L'alcool étant chauffé pour chasser l'air, on scellait le tube à la lampe et on le soumettait, debout, à une température de 120° pendant une heure. La gaze, infectée puis stérilisée dans ces conditions et ensemencée sur bouillon, ne nous a jamais donné de cultures alors que les témoins poussaient et que le bouillon ensemencé avec elle était resté cultivable.

2° **Chaleur humide anhydre**. — Nous allons maintenant rechercher quelle est l'action microbicide de la chaleur dans un milieu formé de *liquide ou de vapeurs anhydres*.

Nous ne voyons plus ici l'utilité d'étudier successivement cette action en milieu liquide et en milieu formé de vapeurs, car, pour un même corps, le liquide lui-même et ses vapeurs nous ont toujours donné, au point de vue de l'action bactéricide, des résultats sensiblement identiques dans des conditions superposables. Un seul point est à noter : c'est que les chances d'erreur sont beaucoup plus grandes lorsqu'on étudie l'action de la vapeur parce qu'il est toujours très délicat de chasser complètement, du vase où se fait l'expérience, l'air plus ou moins chargé de vapeur d'eau qui s'y trouve contenu.

Nous n'avons pas eu la prétention d'essayer tous les liquides anhydres utilisables, mais nous nous sommes borné à étudier les plus communément employés.

Nous avonsd'abord expérimenté l'*huile* et la *vaseline liquide*. Nous avons porté ces substances à une température de 140° maintenue très sensiblement régulière par un régulateur de Roux. Dans ces bains à température constante, nous plongions en même temps deux morceaux de gaze de même taille, infectés, pendant un même laps de temps, dans une même culture de subtilis, puis séchés dans des conditions identiques. Seulement, l'un de ces morceaux de gaze baignait directement dans l'huile ou la vaseline, tandis que l'autre était enfermé dans un tube de verre aussi étroit et aussi mince que possible, bien asséché, et scellé à ses deux extrémités. Le tube et le morceau de gaze libre étaient placés tous deux contre l'ampoule du thermomètre indiquant la température du bain.

Dans ces conditions, voici les résultats que nous avons obtenus :

I. Après 10 minutes à 140° :
le morceau de gaze libre pousse
le » » enfermé dans le tube pousse
II. Après 20 minutes à 140° :
le morceau de gaze libre pousse
» » » enfermé pousse
III. Après 30 minutes à 140° :
le morceau de gaze libre pousse
» » » enfermé pousse
IV. Après 45 minutes à 140° :
le morceau de gaze libre pousse
» » » enfermé pousse
V. Après 75 minutes à 140° :
le morceau de gaze libre ne pousse pas
» » » enfermé ne pousse pas

Dans ces expériences, il semble que l'huile n'ait agi que comme conducteur de la chaleur, puisque la gaze isolée d'elle par le mince tube de verre s'est comportée exactement comme la gaze placée directement dans le bain. Nous convenons toutefois que ces essais manquent de précision et qu'il aurait fallu suivre de plus près, au besoin minute par minute, la stérilisation des deux morceaux de gaze ; mais nous croyons néanmoins que les différences que l'on observerait dans ces conditions ne seraient pas bien grandes et seulement imputables à l'obstacle apporté au transport du calorique par la paroi du tube et la mince lame d'air qu'il contient.

Quant aux autres substances anhydres que nous avons essayées, ce sont : l'*alcool absolu*, l'*acétone*, le *chloroforme*, la *benzine*, le *xylol*. Nous avons longuement étudié, toujours avec le subtilis, l'action stérilisante de ces différents liquides portés en tubes scellés à 120° durant une heure.

Pendant longtemps nous n'avons obtenu que des résultats discordants, décourageants par leur variabilité d'une expérience à l'autre : alors que celles-ci avaient été faites avec un même corps et dans des conditions identiques de température et de durée, tantôt la stérilisation était parfaite et tantôt le subtilis repoussait en 24 heures. Et pourtant, nous ne pouvions pas accuser la vitalité variable du subtilis en expérience, puisque tous les morceaux de gaze avaient été infectés en même temps et de la même manière. D'autre part, les témoins poussaient et le bouillon ensemencé inutilement montrait, par repiquage, qu'il était resté cultivable.

Mais un beau jour, en relisant les notes que nous avions prises sur chacun de nos essais, nous nous sommes aperçu

que dans les expériences où la stérilisation n'avait pas été obtenue, le liquide employé avait été conservé soit sur du sulfate de cuivre, soit sur du carbonate de potasse desséchés et se trouvait, par conséquent, parfaitement anhydre.

Dès lors, nous pouvions essayer de donner une explication de la variabilité de nos résultats en attribuant le mérite de la stérilisation aux traces d'eau qui se trouvaient dans le liquide en expérience, lorsque celui-ci n'avait pas été conservé sur un déshydratant énergique.

Partant de cette hypothèse, nous reprîmes nos expériences avec le plus de rigueur possible et voici les résultats que nous obtînmes :

I. Après un séjour de *une heure* dans la *benzine anhydre* à *120°*, le subtilis *pousse* en 24 heures.

II. Après un séjour de *une heure* dans le *xylol anhydre* à *120°*, le subtilis *pousse* en 24 heures.

III. Après un séjour de *une heure* dans le *chloroforme* à *120°*, le subtilis *pousse* en 36 heures.

IV. Après un séjour de *une heure* dans l'*acétone* à *120°*, le subtilis *pousse* en 36 heures.

V. Après un séjour de *une heure* dans l'*alcool absolu* à *120°*, le subtilis *pousse* en 36 heures.

Nous avons longtemps hésité à faire connaître ces faits qui se trouvent en contradiction avec les expériences si nettes et si précises de Répin (1). Mais devant la constance de nos résultats dans nos derniers essais, nous avons cru de notre devoir de dire ce que nous avions trouvé.

Peut-être avons-nous eu affaire à une ou plusieurs causes d'erreur qui nous ont échappé : pourtant nous avons fait

(1) Répin, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1894.

tout notre possible pour les éviter. Les aiguilles et les pinces qui nous servaient pour les ensemencements étaient longuement portées au rouge avant chaque manipulation. Les bords des tubes étaient soigneusement flambés. Il ne nous est pas possible non plus d'incriminer l'air d'un laboratoire chargé de subtilis, puisque nous n'avons jamais vu pousser les tubes de bouillon dans lesquels, avant chaque ensemencement, nous plongions, pour éprouver leur asepsie, les instruments que nous venions de flamber et qui allaient servir, après un nouveau flambage, à notre manipulation. Les différences entre nos résultats et ceux de Répin sont-elles dues à des vitalités variables de races de subtilis différentes et plus ou moins entraînées à résister à la chaleur ? Cela est possible, mais nous ne pouvons pas l'affirmer.

Quoi qu'il en soit, nous devons conclure de nos essais sur la chaleur humide anhydre au peu d'importance, pour une même température, de la nature du corps anhydre dans lequel baigne le microorganisme à détruire. Si l'alcool absolu, l'acétone et le chloroforme nous ont paru légèrement plus actifs que les autres corps expérimentés, ils n'ont pourtant retardé la production du voile de subtilis que de 12 heures. Il nous semble donc sage d'admettre que, dans la stérilisation en milieu humide anhydre, il faut compter beaucoup plus sur la chaleur elle-même, agissant en tant que chaleur sèche, que sur le corps servant de milieu, et d'appliquer à cette stérilisation les formules de temps et de température reconnus expérimentalement efficaces pour la stérilisation en chaleur sèche. De fait, reprenant l'une de ces

formules, nous n'avons jamais rencontré de spores assez vivaces pour résister à un chauffage de 1 h. 1/2 à 140°, dans un milieu humide et anhydre, quel que fût d'ailleurs le corps employé.

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATION A LA STÉRILISATION DU MATÉRIEL CHIRURGICAL DES DONNÉES FOURNIES PAR L'ÉTUDE PRÉCÉDENTE

Maintenant que nous connaissons le pouvoir bactéricide des différents agents physiques ou chimiques employés isolément ou associés, il nous va falloir choisir entre eux pour appliquer à chaque cas particulier de la stérilisation chirurgicale le procédé qui lui conviendra le mieux.

Pour établir ce choix, il nous faudra tenir compte non seulement de l'efficacité expérimentale et, pour ainsi dire, théorique de chaque procédé, mais encore de la possibilité et de la facilité de sa mise en pratique. C'est ce que nous allons essayer de faire dans cette deuxième partie.

CHAPITRE PREMIER

STÉRILISATION DES INSTRUMENTS ENTIÈREMENT MÉTALLIQUES

§ 1. — Méthode antiseptique.

Recommandée d'abord par Lister et Lucas-Championnière, cette méthode consiste à laisser baigner pendant un certain temps ou même à conserver les instruments dans un liquide antiseptique dont la nature varie suivant les chirurgiens. Actuellement, les antiseptiques les plus fréquemment employés dans ce but sont : l'acide phénique en solution aqueuse à 5/100, le formol à 40/100, le chloroforme.

Le principal avantage de cette méthode, c'est sa commodité pour ainsi dire idéale. De plus, en ce qui concerne le chloroforme, certains auteurs attribuent à cet antiseptique la propriété de conserver intacts et même d'affiner les tranchants des instruments. Mais ces avantages sont compensés, et au delà, par de gros inconvénients.

Le plus important de ceux-ci, c'est que, comme l'a dit depuis bien longtemps Terrier, la méthode ne donne aucune sécurité d'asepsie parfaite. Nous avons vu que même *in vitro*, et dans les meilleures conditions possibles de pénétration, l'action bactéricide des antiseptiques ne se manifeste que lentement, irrégulièrement, capricieusement. Le chloroforme à froid peut même être considéré, nous l'avons dé-

montré, comme n'ayant pratiquement aucune action sur les spores de subtilis.

Mais la difficulté augmente considérablement lorsqu'il s'agit de stériliser des instruments présentant des recoins plus ou moins inaccessibles au nettoyage mécanique, dans lesquels viennent se fixer des coagulums souvent microscopiques de sang, de pus, de graisse renfermant jalousement dans leur intérieur les microbes les plus virulents. Alors l'antiseptique peut bien, à la rigueur, stériliser la surface de ces coagulums, mais il éprouvera une difficulté énorme, souvent insurmontable, à pénétrer dans leur intérieur pour aller y tuer les bactéries. Ce fait est bien prouvé par les expériences de Redard (1) qui, soumettant pendant 24 heures à l'action d'une solution phéniquée à 5/100 des lames de bistouris, des instruments à rainures, des aiguilles préalablement contaminés avec du bacillus anthracis, a vu pousser rapidement, 5 fois sur 7, les bouillons ensemencés avec ces instruments soi-disant stérilisés. Et si certains chirurgiens, se servant de chloroforme à froid pour purifier leurs bistouris, n'ont pas plus souvent d'accidents infectieux à la suite de leurs opérations, cela tient, à notre avis, aux facilités qu'offrent ces instruments parfaitement lisses aux nettoyages mécaniques dont nous verrons plus tard l'importance et l'efficacité.

A côté de ce défaut capital, la méthode de stérilisation par les antiseptiques en présente encore un autre très important : nous voulons parler de l'action nocive pour les tissus et pour tout l'organisme (2) des solutions dont sont

(1) Redard, *Revue de chirurgie,* 1888.
(2) Brun, Thèse d'agrégation, 1886.

imprégnés les instruments, et Delbet (1) a pu montrer expérimentalement que, dans certaines circonstances, cette action pouvait aller jusqu'à favoriser l'infection.

§ 2. — Méthode de la chaleur anhydre.

L'action bactéricide de la chaleur anhydre se trouve utilisée pour la stérilisation des instruments métalliques dans différents procédés.

a) **Flambage.** — Ce procédé consistait, primitivement, à passer un à un dans la flamme d'une lampe à alcool ou d'un bec Bunsen les instruments pris avec une pince stérile. Pour être efficace, ce mode de flambage doit porter successivement tous les points de l'instrument à stériliser à une température d'au moins 200°, en raison du très court espace de temps pendant lequel agit cette température. On conçoit donc que, par ce procédé, il soit difficile d'affirmer que l'on a stérilisé tous les points de la surface d'un instrument quelque peu compliqué, et que, d'autre part, à une température aussi élevée, le nickelage et la trempe des instruments s'altèrent rapidement.

Une modification de ce procédé consiste à placer les instruments dans un plateau où l'on verse une petite quantité d'alcool que l'on allume : c'est le « punch » qui, plus rapide que le flambage individuel, présente les mêmes inconvénients.

b) **Bains d'huile ou de vaseline liquide.** — Ce procédé de

(1) Delbet, *Action des antiseptiques sur le péritoine.*

stérilisation a été recommandé par Tripier et Poncet d'après les indications de Miquel. Nous avons vu que, dans ces bains d'huile ou de vaseline liquide portés à la température de 140°, il fallait plus d'une heure pour arriver à détruire des spores de subtilis. De plus, les instruments sortant de ces bains présentent une viscosité désagréable et sont beaucoup plus difficiles à manier que des instruments secs ou trempés dans une solution aqueuse ; enfin l'huile portée à 140° dégage des vapeurs nauséabondes et irritantes qui fatiguent les yeux et prennent fortement à la gorge.

c) **Air surchauffé.** — Depuis longtemps employé dans les laboratoires de bactériologie pour stériliser la verrerie, ce procédé a été pour la première fois appliqué aux instruments de chirurgie par Durante en 1886. Il consiste à placer les instruments dans une étuve chauffée aux environs de 160°.

Il existe de nombreux modèles d'étuves utilisables pour ce procédé ; les principaux portent les noms de Poupinel (double paroi parcourue par l'air chaud), Adnet-Péan (tubes à air chaud), Sorel (double paroi contenant du xylène bouillant : vapeurs de xylène inflammables), de Backer (double paroi contenant de la paraffine), Lequeux, Wiart (chauffage électrique).

La technique, fixée par Poupinel, est la suivante : placer les instruments bien séchés, les pinces mors ouverts (Terrier) dans une boîte métallique qu'on dépose dans l'étuve. Les couvercles des boîtes sont posés non pas sur elles, mais à côté d'elles ; ils renferment une couche d'ouate destinée à assurer l'occlusion parfaite de la boîte après

stérilisation. On commence à chauffer l'étuve en laissant sa porte ouverte pour chasser toute trace de vapeur d'eau qui pourrait rouiller les instruments. Au bout de quelques minutes on ferme cette porte et on porte l'étuve à 160° en surveillant la température par l'intermédiaire d'un thermomètre dont la graduation paraît à l'extérieur. Il faut éviter les ascensions brusques à 200°, sortes de coups de feu qui détrempent les instruments et altèrent les tranchants. Après une heure de chauffage à 160° on place sur la boîte le couvercle muni de sa couche d'ouate et on laisse refroidir.

Il est indiscutable que ce procédé de stérilisation présente de nombreux avantages. Il est simple et facile. Les instruments sortent de l'étuve secs et brillants et ce bel aspect est pour beaucoup, nous en sommes convaincu, dans la préférence que marquent de nombreux chirurgiens pour cette méthode.

Celle-ci offre pourtant des inconvénients. Tout d'abord, son efficacité n'est pas absolument certaine, car la température marquée par le thermomètre n'est pas celle de tous les points de l'étuve, même lorsque celle-ci est vide, et il n'est pas rare de trouver des différences pouvant atteindre jusqu'à 20, 30 et même 40°. Sorel a montré qu'une capsule pleine d'eau, suspendue dans une étuve sèche dont la température dépasse 130°, n'arrive pas toujours à l'ébullition. Ces différences s'accentuent encore lorsqu'on place dans l'étuve des boîtes pleines d'instruments et le centre de ces boîtes marque pendant très longtemps une température beaucoup plus basse que celle indiquée par le thermomètre. Ces phénomènes sont dus à la mauvaise conductibilité de l'air pour la chaleur, et celle-ci, fournie par les parois de

l'étuve, se transmet presque uniquement par le rayonnement et par la convection due aux déplacements de l'air froid venant remplacer l'air chaud. Dans ces conditions, chaque objet reçoit une somme de chaleur variable suivant la distance qui le sépare de la paroi, et joue, vis-à-vis de l'objet voisin, le rôle d'un écran qui intercepte le calorique.

Un autre inconvénient de ce procédé est sa lenteur relative : il faut 3/4 d'heure, une heure, pour que le thermomètre de l'étuve marque 160°, c'est-à-dire pour que l'on puisse commencer la stérilisation proprement dite. Avec le plus récent modèle d'étuve, celui de Wiart, il faut 45 minutes pour atteindre 150° avec une petite boîte de $25 \times 10 \times 5$ et 1 h. 1/4 avec une boîte moyenne de $30 \times 15 \times 17$.

Enfin, un dernier et gros reproche peut être fait à la stérilisation par l'air sec : c'est la difficulté du réglage et la détérioration des instruments par des coups de feu toujours possibles. Si l'étuve ne possède pas de régulateur automatique, l'acte de la stérilisation demande une surveillance fatigante de tous les instants et, dans ces conditions, les coups de feu sont presque inévitables, détrempant les instruments, émoussant les tranchants, rendant les aiguilles malléables et causant parfois en quelques instants (nous l'avons vu) pour des centaines de francs de dégâts. Les régulateurs à mercure pallient, en partie, ces inconvénients mais ils sont encore sujets à de trop grandes oscillations ; il vaut mieux employer, pour les étuves chauffées au gaz, le régulateur de pression de Moitessier qui, d'après Terrier et Latham (1) procure une flamme toujours identique et

(1) Terrier et Latham, *Revue de Chirurgie*, 1896.

qui, une fois réglé, donne des résultats toujours semblables. Et encore, dans ce cas, verrons-nous la température de l'étuve varier avec le refroidissement plus ou moins grand de ses parois en rapport avec la température extérieure.

d) **Vapeurs anhydres chauffées sous pression**. — Préconisée par Longuet, cette méthode représente actuellement le moyen le plus perfectionné de stériliser les instruments par la chaleur anhydre. Le procédé consiste (1) à placer pendant 45 minutes l'objet à stériliser dans une vapeur saturée et anhydre portée à la température de 180 à 190° et à une pression de 2 à 3 astmosphères.

Pour ce faire, Longuet chauffe du toluène dans un solide autoclave à double paroi, hermétiquement fermé et contenant, entre ses deux parois, de l'eau qui forme bain-marie pour éviter la décomposition du toluène par l'action trop directe de la flamme. La chambre extérieure, hydrique, et la chambre intérieure, anhydre, sont munies chacune d'un manomètre. Un thermomètre plongeur renseigne sur la température de la chambre anhydre. Enfin le tuyau de purge destiné à l'évacuation préliminaire de l'air de la chambre intérieure doit être mis en communication avec un récipient condensateur afin d'éviter toute fuite de vapeur anhydre dans l'atmosphère extérieure et, par là, toute odeur désagréable ou tout accident d'inflammabilité.

Etant donné la durée de la chauffe, la haute température atteinte, la régularité de répartition et de pénétration de cette température grâce à la pression, il est évident, d'après

(1) Longuet, *Progrès médical*, 27 janvier 1906.

ce que nous savons de l'action de la chaleur anhydre, qu'un instrument infecté, traité par cette méthode, devient forcément stérile. C'est ce que confirment les expériences de Longuet faites avec le subtilis, le bacille du charbon et le bacille du tétanos.

Parfaite au point de vue de sa valeur stérilisante, cette méthode nous semble actuellement susceptible de quelques reproches intéressant le côté pratique.

Tout d'abord, il faut se servir d'un autoclave extrêmement résistant, puisque l'eau de la chambre extérieure doit être portée à 180° et qu'à cette température, la tension de la vapeur d'eau est, d'après Regnault, de 10 atmosphères.

Ensuite, le liquide anhydre stérilisant, le toluène, est d'un prix de revient assez élevé.

Enfin, et c'est là, à vrai dire, le seul reproche sérieux, les vapeurs de toluène étant inflammables, l'acte de la stérilisation devient une manipulation relativement dangereuse, la moindre fuite de vapeur ou la moindre faute de technique pouvant provoquer une explosion grave de conséquences.

§ 3. — Méthode de la chaleur hydrique.

a) **Ebullition dans l'eau simple.** — Recommandée dès 1886 par Terrillon, la méthode de stérilisation des instruments par l'eau bouillante a rencontré de nombreux adeptes. Elle a pour elle sa simplicité, mais nous avons vu que, pour être réellement efficace, elle doit être prolongée pendant très longtemps. De plus, il faut avoir soin, si l'on veut éviter l'oxydation des instruments, de ne placer ceux-ci dans

l'eau que lorsqu'elle bout depuis quelques instants et de ne pas se servir d'eau trop calcaire.

b) **Ebullition dans l'eau salée à 6/1000.** — D'une action bactéricide plus rapide que l'eau simple, l'eau salée n'est pas utilisable pour la stérilisation des instruments qu'elle rouille très rapidement.

c) **Ebullition dans une solution aqueuse de borate de soude à 2/100.** — Excellent procédé qui n'altère pas les instruments et les stérilise en un temps qui varie de 20 minutes à une demi-heure.

d) **Ebullition dans une solution aqueuse de lessive de soude ou de carbonate de soude à 2/100** (Bergmann). — Très efficace et très rapide, puisque, en 10 minutes, des instruments ou des aiguilles à injections hypodermiques, infectés des spores les plus résistantes, se trouvent stérilisés, ce procédé a de plus l'avantage de dissoudre les coagulums organiques qui peuvent souiller les instruments. On a reproché à cette méthode d'altérer l'acier dépourvu d'une couche protectrice de nickel ; cet accident n'arrive pas si l'on se sert de lessive ou de carbonate de soude suffisamment purs, d'eau pas trop calcaire et surtout si l'on ne fait pas bouillir dans la solution où seront stérilisés les instruments, des gants de caoutchouc.

e) **Chauffage à l'air libre dans la glycérine à 28° et à la température de 120°.** — Excellent procédé également, que nous avons toujours vu stériliser, en 1/4 d'heure, les ins-

truments les plus soigneusement infectés. Les résultats contradictoires observés par Redard ont été obtenus avec un mélange de glycérine et de chlorure de calcium ; peut-être est-ce ce dernier corps qui, en absorbant toute l'eau de la glycérine, a modifié son efficacité : nous ne voyons que cette façon d'expliquer ce fait qu'une lame de bistouri souillée d'une culture de charbon ait pu cultiver après un séjour de 10 minutes à 155° dans un mélange de glycérine et de chlorure de calcium.

La glycérine n'altère pas les instruments, mais elle les recouvre d'une couche légèrement poisseuse qui en rend l'emploi peu agréable ; de plus, chauffée à 120°, elle dégage des vapeurs irritantes.

f) **Eau ou vapeur d'eau chauffées sous pression à l'autoclave.** — Cette méthode de stérilisation a été proposée pour les instruments de chirurgie par Redard (1). Très efficace surtout lorsqu'elle est pratiquée à une température de 120 ou 130° (à laquelle nous avons toujours vu une séance de 10 minutes se montrer suffisante), elle a le gros inconvénient d'altérer les instruments.

Toutefois, on peut éviter cette altération en utilisant les propriétés du *borate de soude* qui peut être employé dans ce but de différentes façons.

Une première manière consiste à tremper les instruments dans une solution de borate de soude à 2/100, ou mieux, dans une solution saturée à froid de ce même sel. Puis les instruments, non essuyés, sont placés directement dans

(1) Redard, *Revue de chirurgie*, 1888.

l'autoclave et stérilisés ; ils sont desséchés à la fin de l'opération, dans l'autoclave même, si celui-ci le permet grâce à un des procédés que nous étudierons tout à l'heure à propos des pansements. Cette méthode nous a paru ne pas être parfaite et nous avons presque toujours vu les instruments s'oxyder là où, pour une raison ou pour une autre, le nickel se trouvait attaqué ; en tout cas, elle abîme très rapidement les tranchants des bistouris qu'elle rend inutilisables.

Une deuxième manière consiste à recouvrir les instruments d'une compresse de gaze épaisse et imbibée de la solution de borate, puis à mettre le tout à l'autoclave. De cette façon, les instruments s'altèrent moins que dans le premier cas, mais on peut cependant observer des taches de rouille sur les points dénickelés qui ne se trouvent pas au contact immédiat de la compresse boratée.

Enfin, on peut encore, pour autoclaver les instruments, les placer dans la solution de borate elle-même. Dans ces conditions, avec du borate de bonne qualité et de l'eau non calcaire, nous n'avons jamais vu les instruments s'abîmer : les tranchants des bistouris ne paraissaient pas modifiés par la stérilisation et coupaient parfaitement. Toutefois, ce procédé présente un léger défaut : il faut donner à la solution de borate le temps de se mettre à la température de l'autoclave et cela demande un temps variable avec la quantité de solution à échauffer.

Pour éviter la rouille des instruments portés à l'autoclave, certains auteurs ont conseillé de verser dans le fond des boîtes un peu d'alcool à 90°. Cette méthode présente, à nos yeux, un défaut capital : les vapeurs d'alcool, en raison

de la fermeture toujours imparfaite des boîtes à instruments, se répandent dans tout l'autoclave où leur pression s'ajoute à celle de la vapeur d'eau, donnant ainsi, par l'intermédiaire du manomètre, de fausses indications de température.

g) **Alcool ou vapeur d'alcool à 90° portés sous pression à 120°.** — Ce procédé est parfaitement efficace avec une séance d'une heure et probablement aussi en moins de temps, mais il abîme quelquefois les instruments. De plus, il est dispendieux, car, outre le prix de l'alcool employé, il nécessite l'usage de boîtes spéciales, à fermeture hermétique, et d'un prix de revient relativement considérable.

§ 4. —Conclusion.

Si nous tenons compte à la fois de l'efficacité, de la rapidité et de la commodité des différents procédés de stérilisation instrumentale que nous venons d'étudier, il nous semble logique de conclure, actuellement du moins, en faveur de la stérilisation à l'autoclave dans une solution de borate de soude, ou de la simple ébullition dans une solution alcaline. Pour préparer celle-ci, nous donnons la préférence au carbonate de soude à 2/100 comme étant plus actif et plus « décapant » que le borate, moins caustique et moins onctueux que la lessive de soude.

On nous objectera sans doute que la stérilisation par l'ébullition suppose le transport des instruments, du récipient où ils ont bouilli, dans un plateau stérilisé à part ; que cette stérilisation du plateau est une complication et que ce transport à la pince est une occasion d'infection. A cela nous

répondrons qu'il n'est pas impossible de faire bouillir les instruments dans un véritable plateau en treillis métallique à mailles fines, muni de pieds et d'anneaux de préhension : la stérilisation terminée, il suffira de transporter ce plateau à portée du chirurgien pour voir les instruments se dessécher rapidement et spontanément par la seule action de la chaleur emmagasinée pendant l'ébullition. En quelques instants, l'opérateur aura à sa portée des instruments parfaitement stérilisés, secs et reposant sur un plateau également aseptique. Que demander de plus ? Et n'est-ce pas encore un avantage que de pouvoir faire stériliser ses instruments sous ses yeux, immédiatement avant l'opération, et d'éviter ainsi les chances d'infection, d'ailleurs plus théoriques que pratiques, constituées par la rentrée de l'air dans les boîtes à instruments au moment de leur refroidissement et par son séjour, durant plusieurs heures, dans des boîtes toujours imparfaitement fermées ?

Nous adopterons donc, pour stériliser nos instruments ; le procédé de l'ébullition dans une solution aqueuse de carbonate de soude à 2/100, pendant une durée de 20 minutes au moins. Quant aux instruments de réserve, que nous voudrons garder pendant un certain temps à l'état stérile, nous les placerons, avec une solution de borate de soude (ou même de carbonate de soude), dans des tubes de verre fermés par une fermeture de canette et nous les stériliserons à l'autoclave à 120° ou 130° pendant 30 minutes, en ayant soin de laisser ensuite l'autoclave se refroidir lentement. Nous pensons, avec ces deux procédés, pouvoir répondre à tous les besoins de la stérilisation chirurgicale des instruments métalliques.

Un dernier mot pour finir. Plus un instrument est tenu proprement, plus il offre de prise à l'agent bactéricide et, par conséquent, plus il est facile à stériliser. Il est donc logique de choisir des instruments présentant le moins d'anfractuosités possible, pour pouvoir les débarrasser facilement et sûrement, par un bon nettoyage mécanique, de tout coagulum de sang ou de pus farci de microbes. Immédiatement après l'opération, on placera ces instruments dans une solution froide (l'eau chaude coagule le sang et le pus) de carbonate de soude, et là, à l'abri de la rouille et de la dessiccation, ils pourront attendre le moment du nettoyage. Celui-ci se fera à la brosse dure, dans l'eau savonneuse froide ; il faut que la brosse pénètre bien partout, dans les moindres anfractuosités. Puis, ce nettoyage fini, on terminera par un nouveau brossage à l'alcool qui permettra d'assécher ensuite plus facilement les instruments en les essuyant avec un linge fin, sec et propre.

CHAPITRE II

STÉRILISATION DES COMPRESSES ET DU COTON

1° **Antiseptiques.** — La stérilisation des compresses et du coton par les antiseptiques est actuellement complètement abandonnée et à juste titre : la désinfection était imparfaite et les pansements, imprégnés de substances irritantes ou toxiques, provoquaient de nombreux accidents.

2° **Air chaud.** — Le procédé de stérilisation des objets de pansement par l'air chaud possède le gros avantage de fournir des compresses et du coton parfaitement secs. Commode par sa simplicité, il a, néanmoins, de gros défauts. C'est, d'abord, l'insécurité de la stérilisation due à la mauvaise répartition du calorique dans l'intérieur de l'étuve employée (voir plus haut) et plus encore à la trop lente pénétration de ce calorique dans l'épaisseur de la gaze et du coton, très mauvais conducteurs de la chaleur. C'est ainsi qu'un paquet de coton peut être complètement brûlé par l'air chaud à sa périphérie, alors qu'un thermomètre placé au centre n'est pas même monté à 100°.

Ajoutons à cela que l'ouate et la gaze hydrophile portées, en étuve sèche, à la température de 150° se désagrègent facilement et perdent toutes leurs propriétés absorbantes.

3° **Vapeurs anhydres.** — La méthode de stérilisation de Longuet, par les vapeurs anhydres sous pression et à haute température (180°), a sur la précédente de sérieux avantages grâce à l'action d'un facteur surajouté, la pression. Celle-ci, nous l'avons vu, n'est pas microbicide par elle-même, mais elle répartit également la chaleur dans tous les points de l'étuve et le fait pénétrer, grâce à des condensations successives de la vapeur employée, jusque dans la profondeur des pansements. Ceux-ci, d'après Longuet, ne seraient nullement altérés par un séjour de trois quarts d'heure dans la vapeur anhydre à 180° et sortiraient de l'étuve parfaitement secs et stérilisés. Ce sont là de gros avantages, et, en fait d'objections, nous ne pouvons que répéter ici celles que nous avons déjà faites à propos de ce procédé en étudiant la stérilisation des instruments.

4° **Ebullition.** — Le procédé de l'ébullition dans l'eau simple ou salée présente plus d'inconvénients. C'est d'abord le long temps qu'il faut pour porter à l'ébullition une quantité d'eau suffisante pour pouvoir submerger pendant une heure ou plus, et malgré l'évaporation, des paquets de compresses ou de tampons. Répin, cité par Terrier (1), observe que 5 litres d'eau demandent 45 minutes pour être partout en ébullition. Une fois l'eau bouillante, l'action microbicide s'exerce d'autant plus lentement que la chaleur a plus de difficultés à pénétrer jusqu'au centre des objets de pansements. C'est ainsi que Répin, ayant placé 500 grammes de compresses et 30 tampons d'ouate hydrophile dans de l'eau

(1) Terrier, *Revue de Chirurgie*, 1894.

maintenue en ébullition pendant 65 minutes, a pu constater au bout de ce temps la stérilisation imparfaite des tampons.

Enfin, dernier inconvénient : ce mode de stérilisation ne permet d'obtenir que des compresses ou du coton imbibés d'eau et privés, à moins qu'on ne les exprime, de toute capacité d'absorption.

5° **La vapeur d'eau fluente à 100°.** — Elle donne des produits moins mouillés, mais dont la stérilisation est loin d'être toujours parfaite. La pénétration de la chaleur se fait mal dans ces conditions : Forgue (1) a constaté qu'il faut 30 minutes pour que des tampons humides, placés dans un appareil comparable à celui de Schimmelbusch, atteignent la température de 100°. Et, de fait, dans une expérience rapportée par Terrier, 24 tubes, ensemencés d'ouate traitée pendant une heure par la vapeur fluente à 100°, ont tous cultivé en 24 heures.

6° **Vapeur d'eau saturée chauffée sous pression à l'autoclave.** — Ici, comme dans la méthode de Longuet, la pénétration de la chaleur est assurée par l'action de la pression. Il ne faut pas croire, cependant, que cette pénétration soit immédiate. Nous avons fait, à ce sujet, de nombreuses expériences dont les résultats nous ont, d'abord, étonnés. C'est ainsi que nous avons vu un thermomètre à maxima placé au centre d'un rouleau de coton moyennement serré, ne marquer que 104° après un séjour de 10 minutes à l'autoclave, alors qu'un autre thermomètre, à maxima, sus-

(1) Forgue, *Semaine médicale*, 1893, p. 498.

pendu au centre de l'autoclave, indiquait une température de 128°. De même, avec une boîte métallique pleine de compresses de gaze moyennement serrées et ne présentant des trous qu'à sa partie supérieure, nous avons constaté qu'il fallait 40 minutes pour que le thermomètre placé au centre des compresses marquât la même température que le thermomètre suspendu au centre de l'autoclave.

Il est probable que ces différences sont dues à la présence de l'air enfermé dans l'épaisseur des objets de pansement, air qu'il est très difficile de chasser complètement et qui constitue une sorte de matelas empêchant la pénétration de la vapeur. En effet, si nous nous plaçons dans de meilleures conditions, c'est-à-dire si nous nous servons de boîtes perforées en haut et en bas ; si dans ces boîtes nous plaçons des compresses mollement tassées et contenues dans un panier grillagé de façon à pouvoir être pénétrées par la vapeur sur toute leur périphérie ; si, de plus, nous avons soin de faire arriver la vapeur par la partie supérieure de l'autoclave et de chasser l'air, plus lourd, par la partie inférieure, nous voyons les résultats s'améliorer considérablement. Dans de telles conditions, et après une purge d'air de une minute, le centre des compresses est porté, en 5 minutes, sensiblement à la température marquée par le manomètre. Les résultats sont encore meilleurs si, pendant toute la durée de la stérilisation, on laisse un léger jet de vapeur sortir de l'appareil (c'est-à-dire si l'on se sert de vapeur saturée sous pression et fluente) et si l'on produit de temps en temps, par le robinet d'échappement, des chutes brusques de pression.

Etant donné qu'avec certaines précautions on peut obte-

nir une pénétration parfaite de la vapeur dans l'épaisseur des objets de pansement, il est évident, d'après ce que nous savons du pouvoir bactéricide de la vapeur d'eau sous pression, que la stérilisation obtenue dans ces conditions doit être parfaite. Toutefois, pour posséder une sécurité absolue, il sera bon de s'assurer : 1° que la température à laquelle a été porté le centre des pansements est suffisante ; 2° que la vapeur d'eau a pénétré jusqu'au centre de ces pansements, c'est-à-dire que la chaleur qui a agi en ce point était bien de la chaleur humide.

Pour connaître le degré de température atteint, on se servira soit des tubes-témoins (1) recommandés par Terrier, soit de tous petits thermomètres à maxima que l'on trouve actuellement à très bas prix dans le commerce.

Pour s'assurer de la pénétration de la vapeur, on placera au milieu des compresses un morceau de papier amido-iodé de Mikulicz qui possède la propriété de se décolorer rapidement en présence de la vapeur d'eau alors qu'il garde sa couleur brune en milieu sec jusqu'à une température de 190° et plus.

(1) Pour confectionner ces tubes, on peut se servir entre autres corps :
1° De *soufre* qui fond à 117° ;
2° D'un mélange d'*acide benzoïque* et de *vert brillant* qui fond à 120° ;
3° Du mélange de Terrier et Latham qui fond à 29° :

Acide phtallique	25 gr.
Acide picrique	0 » 50
Hélianthine.	0 » 05

(2) Pour préparer ce papier, tremper une bande de papier-filtre dans de l'empois d'amidon à 3/100 et la laisser s'égoutter ; lorsque cette bande est demi-sèche, la plonger dans une solution iodo-iodurée (iode 1, iodure de potassium 2, eau 100) qui la brunit et laisser sécher complètement.

Le seul reproche que l'on fasse d'habitude à la méthode de la stérilisation par la vapeur d'eau sous pression, c'est de mouiller les pansements. De nombreux procédés ont été imaginés pour remédier à cet inconvénient. Nous n'en retiendrons que deux qui donnent des résultats vraiment parfaits.

C'est d'abord le procédé de Robert et Leseurre dont voici les principales caractéristiques :

1° Chauffage préalable des pansements dans l'autoclave même, grâce à une double paroi dans laquelle circule la vapeur;

2° Admission de la vapeur à haute pression (5 atmosphères) dans la chambre intérieure de l'autoclave. Le volume de cette chambre étant bien inférieur à celui de la chaudière génératrice, la chute de pression ne dépasse pas 1 atmosphère et le mouillage des objets de pansement par la condensation de vapeur est réduit au minimum ;

3° A la fin de la stérilisation, chasse brusque de la vapeur contenue dans l'autoclave : les pansements portés à 152° pendant la stérilisation ne se trouvent plus soumis qu'à la pression atmosphérique et évaporent d'eux-mêmes, grâce à la chaleur emmagasinée, l'eau qui les imbibe.

Le second procédé dont nous voulons parler est celui de Bellanger, qui présente sur le système bien connu de séchage par la trompe à eau, le gros avantage de pouvoir être employé partout et d'éviter les rentrées accidentelles d'eau non stérilisée. Dans ce procédé, qui se pratique également avec un autoclave à double paroi, il est inutile d'échauffer au préalable les pansements contenus dans l'autoclave. C'est là, à notre avis, un détail qui a sa valeur. En effet,

d'après le principe de la paroi froide de Watt, plus la différence de température sera grande entre les pansements et la vapeur qui viendra à leur contact, plus la pénétration de la vapeur dans l'épaisseur de l'ouate ou de la gaze sera rapide, grâce au phénomène des condensations successives. Et l'expérience montre que, dans ces conditions, le centre des pansements atteint la température de l'autoclave beaucoup plus rapidement que lorsque la gaze et l'ouate ont été soumis à un chauffage préalable.

Toute la caractéristique du procédé repose sur cette simple manœuvre : une fois la stérilisation terminée, on ferme le robinet d'admission de vapeur dans la chambre intérieure de l'autoclave puis on laisse échapper rapidement la vapeur contenue dans cette chambre. Cela fait, on évacue la vapeur de la double paroi et on la remplace par de l'eau froide. A ce moment, les parois de la chambre intérieure de l'appareil se refroidissent brusquement, la vapeur d'eau restée dans l'autoclave vient s'y condenser en quelques secondes et on voit le manomètre descendre presque au vide parfait. Grâce à un écran protecteur, le refroidissement n'agit pas sur les boîtes à pansements, de sorte que ceux-ci sont complètement desséchés. Et de fait,un paquet de coton hydrophile de 100 grammes placé à l'autoclave et stérilisé dans les conditions que nous venons d'indiquer, ne pèse plus à sa sortie que 97 ou 98 grammes. Le séchage a donc été parfait.

Terminons par quelques mots sur le bouchage des boîtes contenant les objets de pansement. Lorsque ceux-ci sont destinés à être employés rapidement, il n'est pas indispensable de chercher à avoir une fermeture parfaitement her-

métique. Si, pour le séchage on a fait, par un procédé quelconque, le vide dans l'autoclave, on aura soin de laisser rentrer dans l'appareil, avant de l'ouvrir, de l'air stérilisé de préférence par son passage à travers un tube de platine étroit et porté au rouge. Si l'on n'a pas fait le vide, on pourra encore attendre le refroidissement de l'appareil et procéder comme ci-dessus. Mais, même lorsqu'on ne prend pas ces précautions, l'infection des pansements par les bactéries de l'air n'est guère à craindre, du moins pendant quelques heures, et nous n'avons jamais vu, dans ces conditions, les compresses ou le coton s'infecter avant 50 ou 60 heures.

Quand les pansements doivent être conservés stériles pendant des semaines et des mois, il faut prendre plus de précautions. Le bouchage doit alors être fait dans l'autoclave même et avant son ouverture ; il doit être parfaitement hermétique, ou tout au moins assurer une filtration suffisante de l'air rentrant dans les boîtes.

Le système employé par Robert et Leseurre nous semble être, actuellement, celui qui répond le mieux à ces desiderata.

7° **Vapeurs d'alcool à 90° portées, en vase clos, à 120° pendant une heure.** — Ce procédé, préconisé par Bardy, donne d'excellents résultats pour la stérilisation des pansements. Parfaitement efficace, nous l'avons déjà vu, il n'a qu'un défaut : c'est de revenir plus cher que le procédé à la vapeur d'eau sous pression et d'exiger l'emploi de boîtes spéciales d'un prix d'achat assez élevé.

Conclusions. — Ici, nous n'avons aucune hésitation et nous donnons nettement la préférence, comme efficacité et commodité, à la stérilisation des objets de pansement par la vapeur d'eau saturée et chauffée sous pression, dans un autoclave permettant la dessiccation absolue du matériel stérilisé.

On évitera de tasser les compresses et les lames de coton, et on mettra au milieu d'elles des tubes-témoins et du papier amido-iodé. On placera de préférence les objets de pansement dans des boîtes percées de trous en haut et en bas et munies de paniers en treillis métallique. On fera une chasse d'air prolongée et on laissera, pendant toute la durée de la stérilisation, un mince filet de vapeur s'échapper de l'autoclave. On portera la vapeur d'eau à une température assez élevée, 130 ou 140°, pour multiplier les chances d'obtenir au centre des pansements une température suffisante. On provoquera de temps en temps des chutes brusques de pression en lâchant de la vapeur. La durée de la stérilisation variera avec la température atteinte : à 130°, 45 minutes suffiront amplement si l'on a pris les précautions indiquées ci-dessus. Enfin après le séchage on n'admettra dans l'appareil que de l'air stérilisé par son passage à travers un tube de platine porté au rouge.

CHAPITRE III

STÉRILISATION DES FILS

Les **fils métalliques** d'argent ou de bronze d'aluminium peuvent se stériliser par tous les procédés. Toutefois, la stérilisation à l'autoclave nous paraît la plus recommandable en raison de son efficacité et de sa commodité. On placera les fils métalliques dans de simples tubes à essai fermés par un bouchon d'ouate faiblement tassée et couchés à plat pour permettre l'évacuation de l'air ; ou dans des tubes de verre à fermeture de canette et contenant quelques gouttes d'eau.

Les **crins de Florence**, pour rester solides et souples, demandent à être stérilisés par la chaleur hydrique et conservés dans l'eau. Aussi les stériliserons-nous également à l'autoclave, mais dans des tubes remplis d'eau et à fermeture de canette, les bouchons de coton pouvant ici se mouiller et infecter secondairement le liquide du tube par capillarité. En cas de besoin, ces fils pourront être stérilisés par ébullition.

La **soie** et le **fil de lin** peuvent également, en cas d'urgence, être soumis à l'ébullition ; mais il vaut beaucoup mieux les autoclaver. Après un dégraissage soigné dans l'éther, ils seront enroulés, de préférence, sur de petits cadres en nickel pour être plus facilement accessibles à la vapeur d'eau. Ces cadres seront placés dans des tubes à

essai bouchés par un tampon d'ouate peu serrée et couchés horizontalement dans l'autoclave pour permettre l'évacuation de l'air. Il ne faut pas, si l'on veut avoir des fils solides, dépasser 125° ; une demi-heure d'autoclave à 120° sera suffisante. La stérilisation finie, il sera bon de pratiquer dans l'autoclave même l'assèchement des fils qui sont, de cette façon, plus agréables à manier.

La stérilisation du **catgut** est un des problèmes les plus délicats de l'apepsie opératoire. Fabriqué avec la fibro-musculeuse de l'intestin de mouton fendu suivant sa longueur, c'est-à-dire avec un organe normalement infecté, le catgut n'a été choisi par les chirurgiens qu'en raison de sa résorbabilité. Le temps que met le catgut à se résorber est variable avec la grosseur du fil et surtout avec son mode de préparation, certains procédés de stérilisation produisant une véritable fixation des éléments anatomiques du boyau de mouton. Il est probable aussi que ce temps varie avec l'activité phagocytaire de l'individu dans l'organisme duquel on laisse le fil à demeure : c'est ainsi qu'on a constaté expérimentalement des différences considérables dans la rapidité de résorption de morceaux de catgut provenant d'un même échantillon et inoculés à différents cobayes.

A priori, et d'après ce que nous avons vu dans la première partie de ce travail, nous pouvons essayer de stériliser le catgut soit par les antiseptiques, soit par la chaleur anhydre, soit par la chaleur hydrique.

Stérilisation du catgut par les antiseptiques. — En nous basant sur ce que nous savons de l'action microbicide des antiseptiques, nous ne nions pas qu'il soit possible de stériliser par cette méthode, un catgut préalablement infecté ;

et, toutes causes d'erreur mises à part, les expériences de Claudius et Hippel (1) ne nous étonnent nullement, qui constatent l'asepsie d'un catgut artificiellement contaminé par des spores de bacille du charbon puis désinfecté à l'aide d'une solution contenant 1 gramme d'iode et 1 gramme d'iodure de potassium pour 200 grammes d'eau. Mais nous ne serions pas étonné davantage si cette expérience avait donné des résultats exactement contraires. Expliquons-nous.

Nous avons vu que, *in vitro*, le pouvoir bactéricide d'un même antiseptique, à un même degré de concentration, était très variable, comme efficacité et comme rapidité d'action, suivant l'espèce microbienne, suivant la vitalité plus ou moins grande des microbes d'une même espèce, suivant les conditions extérieures de l'expérience (température, pression, etc...). Or, cette variabilité d'action ne peut que s'accentuer lorsqu'il s'agit, pour l'antiseptique, d'aller détruire des micro-organismes protégés par une épaisseur relativement grande de tissus organiques et enfermés souvent dans des coagulums de matière albuminoïde. Si nous réfléchissons à la multiplicité des espèces microbiennes, plus ou moins directement pathogènes, susceptibles d'infecter un catgut ; à l'impossibilité dans laquelle nous nous trouvons, de savoir, pour un cas donné, auxquelles de ces espèces nous avons affaire, quel est leur degré de vitalité, et quel sera l'obstacle apporté à la pénétration de l'antiseptique par les matières constituantes du catgut ; si nous réfléchissons à tout cela, nous comprendrons qu'il nous soit

(1) Martins, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, vol. LXX.

impossible de compter sur la constance et la perfection d'une stérilisation obtenue dans de telles conditions.

Stérilisation du catgut par la chaleur anhydre. — La *tyndallisation dans l'air sec*, même prolongée et s'exerçant sur des microbes facilement accessibles, ne peut pas, nous l'avons vu, détruire des spores desséchées de subtilis. Il ne fait donc pas songer à appliquer cette méthode à la stérilisation du catgut.

La stérilisation par *l'air sec et chaud*, à une température suffisamment élevée et pendant un temps suffisamment long, s'est, *in vitro*, montrée plus efficace et il nous semble évident que, dans de bonnes conditions de température et de durée, l'action bactéricide de la chaleur sèche puisse se faire sentir avec succès jusqu'au centre du catgut. Cette opinion est d'ailleurs justifiée par les expériences de Roux sur du catgut chauffé par La Rochette (1) dans l'air sec et pendant deux heures à la température de 140° ; ces expériences démontrent la stérilité du catgut ainsi préparé. Mais cette méthode présente les inconvénients inhérents à toutes les applications du chauffage par l'air sec : la chaleur se trouve répartie très inégalement, ce qui laisse des doutes sur la stérilisation totale du catgut et rend celui-ci cassant au niveau des points surchauffés.

La stérilisation par les *liquides anhydres bouillant à haute température*, tels que l'huile ou le xylol, n'est, somme toute, qu'un perfectionnement de la méthode précédente, puisque la chaleur anhydre qui constitue l'agent actif du procédé se trouve répartie plus également par l'intermédiaire du liquide.

(1) Rochette, *Société des sciences médicales de Lyon*, 7 mai 1895.

La répartition et la pénétration du calorique se trouvent beaucoup mieux assurées encore par les procédés dans lesquels on chauffe le catgut en présence d'un *liquide anhydre porté sous pression à une haute température*. Ici, la propagation de la chaleur est assurée non seulement par la conductibilité du liquide ou de la vapeur, mais encore et surtout par la pression qui tend à égaliser la température dans tous les points du vase clos accessibles au liquide ou à la vapeur.

Ce rôle de régulateur est, à notre avis, le seul que l'on doive demander au liquide anhydre servant de milieu et il nous semble que les différents auteurs accordent trop d'importance à la nature et au pouvoir bactéricide de ce liquide, alors que toute la sécurité de la stérilisation devrait reposer sur l'action de cet unique agent stérilisant : la chaleur. Si, en effet, on chauffe du catgut desséché et parfaitement dégraissé dans un liquide anhydre, coloré et sous pression, on constate que la surface seule du catgut se teinte et que tout l'intérieur conserve sa couleur primitive (alors qu'avec de l'eau colorée, toute l'épaisseur du catgut se teinte uniformément). Conclusion : les liquides anhydres, même chauffés sous pression, ne pénètrent pas, n'imbibent pas les matières albuminoïdes qui constituent le catgut desséché et dégraissé. Or aucun fait, aucune expérience ne nous autorise à croire qu'il en est autrement des vapeurs émises par ces liquides anhydres. Nous sommes donc conduit à admettre que l'action bactéricide du liquide anhydre et chauffé (si elle existe) ne s'exerce qu'à la périphérie du catgut en expérience et que, dans la profondeur, il ne faut plus compter que sur l'action du calorique.

Les précautions qui, lorsqu'il s'agissait de microbes nus, n'étaient que des mesures de prudence, deviennent donc, lorsqu'il s'agit de catgut, des mesures de nécessité et, pour obtenir une sécurité aussi grande que possible, il nous paraît logique d'exiger d'un catgut stérilisé en présence d'un liquide anhydre qu'il ait été porté à une température suffisante pour que, en ne tenant compte que de l'action de la chaleur sèche, sa stérilisation puisse être considérée comme parfaite. Or ces conditions ne sont pas remplies dans la plupart des procédés actuellement en usage. Aussi n'avons-nous été nullement étonné de voir ces procédés pris en défaut par plusieurs expérimentateurs et de les y prendre nous-même dans les essais suivants.

Du catgut, soigneusement dégraissé par les vapeurs d'éther, est desséché aussi complètement que possible à l'étuve sèche, puis placé dans une culture de subtilis sur bouillon où on le voit se gonfler et s'imbiber du liquide chargé de bacilles et de spores. Après 48 heures d'étuve à 38°, ce catgut est repris, desséché à nouveau, puis placé, partie dans des tubes de bouillon qui serviront de témoins, partie dans des tubes scellés contenant une certaine quantité du liquide anhydre en expérience. Les tubes scellés sont déposés dans un autoclave et soumis pendant une heure à une température de 120° vérifiée par un thermomètre ; après quoi ils sont ouverts et les catguts ensemencés dans du bouillon stérile placé à l'étuve à 38°.

Dans ces conditions, voici les résultats que nous avons obtenus avec différents liquides :

Après un séjour d'une heure dans de l'*alcool absolu* porté à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 36 heures.

Après un séjour d'une heure dans des *vapeurs d'alcool absolu* portées à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 36 heures.

Après un séjour d'une heure dans de l'*acétone* porté à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 36 heures.

Après un séjour d'une heure dans des *vapeurs d'acétone* portées à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 24 heures.

Après un séjour d'une heure dans du *chloroforme* porté à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 36 heures.

Après un séjour d'une heure dans des *vapeurs de chloroforme* portées à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 24 heures.

Après un séjour d'une heure dans du *xylol* porté à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 36 heures.

Après un séjour d'une heure dans des *vapeurs de xylol* portées à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 24 heures.

Après un séjour d'une heure dans de la *benzine* portée à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 24 heures.

Après un séjour d'une heure dans des *vapeurs de benzine* portées à 120°, le catgut donne un voile de subtilis en 24 heures.

Chaque fois que nous nous sommes servi de liquides parfaitement anhydres (condition indispensable pour avoir un catgut solide) les résultats ont été les mêmes. Or nous ne voyons guère de causes d'erreur à incriminer, car les instruments servant aux manipulations étaient, avant chaque ensemencement, longuement portés au rouge et leur asepsie contrôlée, entre deux flambages, par leur contact avec du bouillon stérile placé ensuite à l'étuve et que nous n'avons jamais vu pousser.

Nous pensons donc que, pour obtenir, avec le procédé que nous étudions, une sécurité aussi grande que possible, il faut considérer le tube contenant le catgut et le liquide anhydre, comme une étuve sèche perfectionnée et ne compter pour la stérilisation que sur l'action de la chaleur seule.

Comme liquide anhydre, il sera logique de choisir celui qui, pendant la chauffe, altérera le moins le catgut ; à la condition, toutefois, que ce liquide ait une température d'ébullition inférieure à celle employée pendant la stérilisation, pour qu'à ce moment ses vapeurs soient sous pression.

La température et la durée de chauffe seront combinées sous le contrôle de l'expérience, de telle façon qu'elles puissent assurer la stérilisation du catgut par l'action de la seule chaleur sèche, tout en conservant au fil le plus de solidité possible. Nous savons qu'il n'existe pas une seule formule satisfaisante et que de multiples combinaisons seront utilisables : plus la température atteinte sera élevée, moins la chauffe aura besoin d'être prolongée, et inversement. On pourra aussi utiliser avec avantage l'action de la discontinuité du chauffage.

Sous ces conditions, nous pensons que la stérilisation du catgut, en présence d'un liquide anhydre et chauffé sous pression, doit donner une asepsie aussi parfaite que possible, et, de fait, nous avons obtenu du catgut parfaitement stérile en le chauffant pendant 1 h. 1/2 à 140° en présence du chloroforme.

Stérilisation du catgut par la chaleur hydrique. — Le procédé de stérilisation par l'*ébullition simple* n'est pas applicable au catgut qu'elle gonfle, détord et rend très fragile. — Elsberg a essayé de tourner la difficulté en se servant

d'une solution saturée et bouillante de sulfate d'ammoniaque qui a la propriété de fixer les matières albuminoïdes. Le catgut que nous avons obtenu dans ces conditions s'est toujours montré cassant et inapte à la confection des nœuds.

Vapeur d'eau sous pression. — Egalement inapplicable, car elle transforme le catgut en une masse gélatineuse inconsistante. Toutefois, à plusieurs reprises, nous avons pu soumettre pendant 15 minutes à une température de 115° à l'autoclave, du catgut n° 0 conservé depuis plusieurs années dans l'alcool naphtolé. A la sortie de l'autoclave, le fil semblait avoir gardé toute sa solidité et sa souplesse. Y a-t-il eu, dans ces essais, une cause d'erreur qui nous a échappé? Cela est possible et même probable, car des recherches que nous avons faites dans ce sens ne nous ont donné que des résultats imparfaits et inconstants.

La *vapeur d'alcool à* 90° portée sous pression au-dessus de 100° altère le catgut au même titre que la vapeur d'eau.

Tyndallisation dans l'alcool à 90°. — Par contre, cette méthode donne d'excellents résultats. Nous nous en sommes assuré par l'expérience suivante.

Du catgut, infecté de subtilis par le procédé que nous avons décrit plus haut, fut placé dans des tubes contenant de l'alcool à 90°. Ces tubes, fermés à la lampe, furent ensuite déposés durant 10 heures par jour dans une étuve à paraffine réglée à 60°. A la fin du 3e jour, plusieurs tubes furent ouverts et les catguts transportés dans du bouillon porté à l'étuve. Au bout de 15 jours, alors que les témoins avaient poussé en 24 heures, ce bouillon n'avait pas cultivé bien que le catgut se fût gonflé et détordu sous l'action de l'imbibition. A ce moment, les catguts furent repris et

transportés successivement, à 2 jours d'intervalle, dans 3 bouillons, pour enlever, au besoin, toute trace de substance empêchante (1) : ces 3 bouillons restèrent stériles. Les catguts, renfermés dans leurs tubes de bouillon, furent alors soumis pendant 48 heures à une température de 60° (inactive, en bouillon, sur les spores de subtilis) : les fils se déroulèrent complètement, prirent l'aspect d'un ténia, mais, remis à l'étuve à 38° (température optima de pousse du subtilis en expérience), ne donnèrent pas plus de culture qu'auparavant. Pour compléter l'expérience, nous repiquâmes avec la culture-mère tous les bouillons qui étaient restés stériles et nous vîmes, en 24 heures, se développer un beau voile de subtilis : les bouillons n'étaient donc pas incultivables. Enfin, nous nous assurâmes par l'examen microscopique d'un échantillon de catgut-témoin, coupé après inclusion dans la paraffine, qu'il existait bien des cocci et des bacilles dans toute l'épaisseur du fil infecté par le procédé que nous avions employé.

Nous pouvons donc, autant qu'il est possible, considérer comme stérile du catgut traité pendant 3 jours par la tyndallisation à 60° dans l'alcool à 90°, à raison de 10 heures par jour.

Il est à remarquer que, dans ce procédé, ce n'est pas la chaleur seule qui agit, car nous avons vu qu'une température sèche de 60° maintenue 10 heures par jour pendant 6 jours n'a aucune action sur les spores du subtilis. Nous avons vu également qu'un séjour de 72 heures, dans l'alcool à 90° non chauffé, n'empêche nullement le subtilis de

(1) Hallion et Carrion, *Presse médicale*, 17 décembre 1904.

repousser sur bouillon. Il y a donc là une action combinée de la chaleur et de l'alcool. Or nous avons refusé d'admettre cette coopération dans les procédés de stérilisation en milieu anhydre ; pourquoi, alors, l'admettre ici ? Tout simplement parce que nous ne nous trouvons plus en milieu anhydre, mais bien en milieu hydrique ; parce que si l'alcool absolu coloré et porté sous pression à 120° ne pénètre nullement le catgut desséché et dégraissé, l'alcool à 90°, coloré et porté à 60° durant 3 jours, pénètre suffisamment (grâce, probablement, à l'eau qu'il contient) le catgut dégraissé mais non deshydraté, pour teinter légèrement le fil dans toute son épaisseur.

Conclusion. — Après examen réfléchi des résultats susceptibles d'être fournis par les différents procédés, nous conclurons donc en faveur du catgut stérilisé soit par la méthode du chauffage en présence d'un liquide anhydre et sous pression (avec les réserves faites plus haut), soit par la méthode de la tyndallisation dans l'alcool à 90° à raison de 10 heures par jour pendant 3 jours au moins.

CHAPITRE IV

STÉRILISATION DES PLATEAUX ET CUVETTES

Le procédé le plus employé pour la stérilisation des plateaux et des cuvettes est celui du *flambage à l'alcool*. Voyons quelle est sa valeur.

Claudot et Niclot (1), dans des expériences très précises, montrèrent qu'au cours d'un sérieux flambage à l'alcool le fond de la cuvette émaillée n'atteint à aucun moment la température de 118°. Puis ils recherchèrent l'influence du flambage sur la vitalité du staphylocoque doré, de la bactéridie charbonneuse et du bacille du tétanos. Des cultures de chacun de ces microbes furent déposées dans la cuvette sur une surface d'environ 1 centimètre carré et desséchées à l'air libre. Pour chaque microbe, une tache comportait seulement le bouillon, une seconde le bouillon protégé par du sang desséché, une troisième du pus stérilisé mêlé à la culture. Après flambage, la surface traitée était reprise par un écouvillon stérile sur tige métallique et, après un court frottement, celui-ci servait à l'ensemencement sur culture aérobie ou anaérobie, suivant le cas. Le sang, dans tous les cas, avait viré au brun et adhérait fortement à la cuvette. Les neuf ensemencements ont donné des résultats positifs : donc la stérilisation n'avait été obtenue dans aucune des

(1) Claudot et Niclot, *Société de chirurgie de Lyon*, 1904.

surfaces en expérience. Après 3 flambages consécutifs les résultats étaient identiques.

Gottignies (1) a constaté que 2 minutes de flambage à l'alcool n'étaient pas suffisantes sur des cuvettes de faïence pour détruire le streptocoque, le staphylocoque, le bacille d'Eberth, le bacille du charbon, alors qu'elles suffisaient sur des cuvettes de métal bon conducteur de la chaleur.

Les expériences que nous avons faites avec le staphylocoque et le subtilis ont confirmé les résultats obtenus par Claudot, Niclot et Gottignies, et nous ont nettement montré l'inefficacité du flambage à l'alcool tel qu'on le pratique habituellement.

Le flambage direct des cuvettes, par la *flamme d'une lampe* à alcool ou d'un bec Bunsen, semblait devoir donner de meilleurs résultats. Il n'en est rien. En effet, Bérard et Lumière (2) ont essayé de stériliser par ce procédé, des cuvettes tachées par des cultures de microbes divers et ils n'y ont pas réussi. Nous avons répété ces expériences sur des cuvettes de cuivre dans lesquelles nous avions versé des cultures sur bouillon de staphylocoque doré et de subtilis et que nous avions laissé sécher à l'air libre. Nous avons vainement, pendant 3 minutes, promené sur tous les points de ces cuvettes la flamme bleue d'un bec Bunsen ou d'une lampe à souder : jamais nous n'avons pu obtenir de stérilisation. Par contre, après un bon brossage de la cuvette à l'eau savonneuse et un bon rinçage à l'eau stérilisée, nous n'avons jamais obtenu de culture, même après de nombreu-

(1) Gottignies, *Journal de médecine de Bruxelles*, 29 septembre 1904.
(2) Bérard et Lumière, *Lyon médical*, 1904.

ses prises faites à l'anneau de platine chargé de bouillon : mais peut-être est-ce là un simple effet du hasard.

Etant donné l'inefficacité du flambage pour la stérilisation des cuvettes, il sera bon de s'adresser à d'autres procédés : le chauffage à l'air sec, l'ébullition ou l'autoclavage peuvent être employés. Mais nous donnons la préférence à l'autoclavage comme étant plus sûr que le chauffage à l'étuve, plus commode et moins coûteux que l'ébullition qui, en raison de la grande quantité d'eau à maintenir bouillante, consomme beaucoup de combustible.

CHAPITRE V

STÉRILISATION D'OBJETS DIVERS

Gants de caoutchouc. — Ces gants peuvent être traités par l'ébullition ou par la vapeur d'eau sous pression. Si l'on se sert de l'ébullition, il sera avantageux, et pour l'efficacité de la stérilisation, et pour la conservation des gants, d'envelopper ceux-ci dans un morceau de toile qui, alourdi par l'eau, les maintiendra complètement immergés et les empêchera d'aller se brûler sur les parois de la bouilloire. Ce procédé a comme inconvénients de rendre les gants difficiles à mettre sans savon ou glycérine stérilisés et surtout de conserver dans leur intérieur une certaine quantité de liquide qui s'écoule ensuite le long des avant-bras du chirurgien ou sourd par les perforations qui peuvent se produire au cours d'une opération : le bénéfice que l'on doit tirer de l'emploi des gants est alors complètement perdu. Le procédé de la vapeur d'eau sous pression dans un autoclave à dessiccation permet, au contraire, d'obtenir des gants secs et faciles à mettre si l'on a soin de frotter légèrement leur intérieur, avant l'autoclavage, avec de la poudre de talc. Mais, dans ce cas, il est indispensable, si l'on veut avoir une bonne stérilisation, de faire bâiller l'intérieur des doigts par un procédé quelconque, par exemple en introduisant dans chacun d'eux un simple drain en caoutchouc. Nous avons constaté, en effet, à l'aide du papier amido-iodé,

que, sans cette précaution, la vapeur ne pénètre presque jamais jusqu'au fond des doigts : on a alors des gants stérilisés à l'extérieur mais non pas à l'intérieur, de sorte que la moindre piqûre ou déchirure peut devenir une source d'infection. Les gants, ainsi dilatés et enveloppés d'une compresse de gaze, doivent être portés à l'autoclavage entre 115 et 120° pendant 20 à 30 minutes.

Les *drains* et les *sondes en caoutchouc* seront bouillis ou mieux stérilisés dans l'autoclave, dans de l'eau ou dans des tubes fermés à l'ouate et portés à 120° pendant 30 minutes.

Les *brosses* seront bouillies ou mieux autoclavées.

Le *savon liquide* , sans alcool (1), sera également autoclave à 120° en ayant soin de laisser ensuite l'appareil se refroidir lentement.

Le *sérum artificiel* sera autoclavé avec les mêmes précautions que le savon liquide.

L'*eau* destinée au lavage des mains pourra être simplement bouillie. Mais ce procédé est lent, car Terrier et Morax ont constaté qu'il faut une heure d'ébullition pour stériliser de l'eau déjà passée au filtre Chamberland. Il vaudra donc mieux, ici encore, se servir de l'autoclave. Les réservoirs et les tuyauteries conduisant l'eau stérile aux robinets des lavabos seront stérilisés par la vapeur sous pression plutôt que par la vapeur fluente, beaucoup moins efficace.

Les *seringues* à piston de caoutchouc, d'amiante ou mieux de verre, seront stérilisées par l'ébullition ou l'autoclavage.

(1) Voici une formule simple de savon liquide sans alcool :

Savon blanc.	38 grammes.
Glycérine.	50 »
Eau.	500 »

Pour éviter le bris des seringues entièrement en verre, il faudra, pendant la stérilisation, sortir complètement le piston.

Les *solutions de cocaïne ou de stovaïne* peuvent être stérilisées soit par filtration sur bougies de porcelaine, soit par autoclavage à 120° en ampoules scellées et incomplètement remplies pour éviter la casse due à la dilatation du liquide. La stérilisation par tyndallisation ne présente pas, nous l'avons vu, une sécurité absolue. Lorsqu'on autoclave ces solutions en ampoules scellées, il faut avoir soin de n'employer que des ampoules de verre aussi neutre que possible. Un verre quelque peu alcalin altère les solutions aqueuses de cocaïne et de stovaïne au point de leur enlever toute propriété anesthésique (1).

Les *sondes en gomme* et les *instruments susceptibles de s'altérer* par la chaleur seront stérilisées par les vapeurs de formol. Nous avons vu que, d'après Pottevin, les vapeurs émises par la solution aqueuse de formol à 42/100 détruisent les spores de subtilis en 44 heures à la température de 15°, en 2 heures à la température de 35° et en 1 heure à la température du 52°. Les vapeurs émises par le trioxyméthylène restent inactives vis-à-vis de ces même spores à la température de 15° et mettent 3 jours pour les tuer à la température de 52°. Mais les vapeurs humides de la solution de formol finissent par ramollir les sondes et rendent ainsi leur emploi désagréable. Il sera donc avantageux, après avoir stérilisé les sondes à froid ou à chaud par les vapeurs humides de formol (ce qui peut se faire dans un bocal quel-

(1) Duffour, *La stérilisation des solutions hypodermiques.* Toulouse, 1905.

conque porté ou non au bain-marie) de les transporter aseptiquement et de les conserver dans un tube à trioxyméthylène fermé à l'une de ses extrémités par un bouchon de coton qui permettra l'évaporation de l'eau en excès. Les sondes ainsi désinfectées doivent être lavées, au moment de s'en servir, dans de l'eau stérilisée qui enlève les traces de formol irritantes pour les muqueuses.

On pourra encore stériliser les sondes en gomme dans la glycérine portée à 120° — 135° ; ce procédé qui, d'après Terrier (1), n'altère nullement ces instruments, donne,nous l'avons vu, une sécurité absolue et permet de conserver des sondes toutes lubréfiées dans le tube même où elles ont été stérilisées ; toutefois, les instruments de gomme ainsi traités nous ont paru trop ramollis pour être d'un emploi commode.

Ajoutons enfin que certaines sondes de qualité supérieure peuvent supporter, sans trop de dommages, un séjour de 20 minutes dans la vapeur d'eau à 115°.

Quant au procédé qui consiste à chauffer les sondes à 100° (étuve sèche), une demi-heure par jour pendant 3 jours consécutifs, il ne nous a jamais permis de stériliser des instruments infectés de subtilis.

Les *laminaires* peuvent être stérilisées par l'air sec et chaud ou, après assouplissement dans l'eau chaude, autoclavées en vase clos (tube à fermeture de canette par exemple) dans un liquide anhydre quelconque, dans l'alcool à 90° ou dans la glycérine.

(1) Terrier, *Manuel d'antisepsie et d'asepsie*, p. 159.

CONCLUSIONS

Les meilleurs procédés de stérilisation du matériel chirurgical nous semblent être actuellement :

1° Pour les instruments métalliques : l'autoclavage dans une solution de borate de soude à 2/100 ou l'ébullition dans une solution de carbonate de soude à 2/100.

2° Pour les compresses et le coton : l'autoclavage dans un appareil permettant une dessiccation parfaite.

3° Pour les fils métalliques, les crins de Florence, la soie, le fil de lin : l'autoclavage.

4° Pour le catgut : la tyndallisation dans l'alcool à 90° ou le chauffage, à une température suffisante et pendant un temps suffisant, dans un liquide anhydre, porté, en vase clos, au-dessus de son point d'ébullition.

5° Pour les plateaux et les cuvettes : l'autoclavage.

6° Pour les gants de caoutchouc, les drains, les brosses, le savon liquide, le sérum artificiel, l'eau servant au lavage des mains, les seringues : l'autoclavage.

7° Pour les solutions de cocaïne ou de stovaïne : l'autoclavage en ampoules de verre aussi neutre que possible et scellées à la lampe.

8° Pour les sondes en gomme et les instruments altérables par la chaleur : l'exposition aux vapeurs d'une solution de formol à 42/100.

9° Pour les laminaires : l'autoclavage en vase clos dans la glycérine, après assouplissement dans l'eau chaude.

Le catgut mis à part, il est donc possible, avec un bon autoclave et quelques tubes à formol, de stériliser parfaitement tout le matériel chirurgical.

Vu :

Le Président de la Thèse,
PAUL BERGER.

Vu :

Le Doyen,
DEBOVE.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
L. LIARD.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS 7

PREMIÈRE PARTIE

Etude in vitro des différents agents microbicides.

CHAPITRE PREMIER. — **Agents chimiques. — Antiseptiques** 9

Acide phénique, 10; — Sublimé corrosif, 11 ; — Permanganate de potasse, 12 ; — Aldéhyde formique, 12 ; — Eau oxygénée, 14 ; — Iode, 14 ; — Alcool, 14; — Ether, 15 ; — Chloroforme, 15.

CHAPITRE II. — **Agents physiques. — Chaleur**. 17

Chaleur, 20 ; — Chaleur sèche, 20 ; — Chauffage discontinu dans l'air sec à basse température, 23 ; — Chaleur humide, 24 ; — Chaleur humide hydrique, 24 ; — Chaleur humide anhydre, 34.

DEUXIÈME PARTIE

Application à la stérilisation du matériel chirurgical des données fournies par l'étude précédente.

CHAPITRE PREMIER. — **Stérilisation des instruments entièrement métalliques**. 42

§ 1. — *Méthode antiseptique* 42

§ 2. — *Méthode de la chaleur anhydre*. 44

Flambage, 44 ; — Bain d'huile ou de vaseline liquide, 44 ; — Air surchauffé, 45 ; — Vapeurs anhydres chauffées sous pression, 48.

§ 3. — *Méthode de la chaleur hydrique* 49

Ebullition dans l'eau simple, 49 ; — Ebullition dans l'eau salée

à 6/1000,50 ; — Ebullition dans une solution aqueuse de borate de soude à 2/100, 50 ; — Ebullition dans une solution aqueuse de lessive de soude ou de carbonate de soude à 2/100, 50 ; — Chauffage à l'air libre dans la glycérine à 28° et à la température de 120°, 50 ; — Eau ou vapeur d'eau chauffées sous pression à l'autoclave, 51 ; — Alcool ou vapeur d'alcool à 90° portés sous pression à 120°, 53.

§ 4. — *Conclusion*. 53

CHAPITRE II. — **Stérilisation des compresses et du coton** . 56

Antiseptiques, 56 ; — Air chaud, 56 ; — Vapeurs anhydres, 57 ; — Ebullition, 57 ; — Vapeur d'eau fluente à 100°, 58 ; — Vapeur d'eau saturée chauffée sous pression à l'autoclave, 58 ; — Vapeurs d'alcool à 90° portées, en vase clos, à 120° pendant une heure, 63.

CHAPITRE III. — **Stérilisation des fils** 65

Fils métalliques, 65 ; — Crins de Florence, 64 ; — Soie et fil de lin, 65 ; — Stérilisation du catgut par les antiseptiques, 66 ; — Stérilisation du catgut par la chaleur anhydre, 68 ; — Stérilisation du catgut par la chaleur hydrique, 72.

CHAPITRE IV. — **Stérilisation des plateaux et des cuvettes.** 76

CHAPITRE V. — **Stérilisation d'objets divers** 79

Conclusions 83

Imp. J. Thevenot, Saint-Dizier (Haute-Marne).